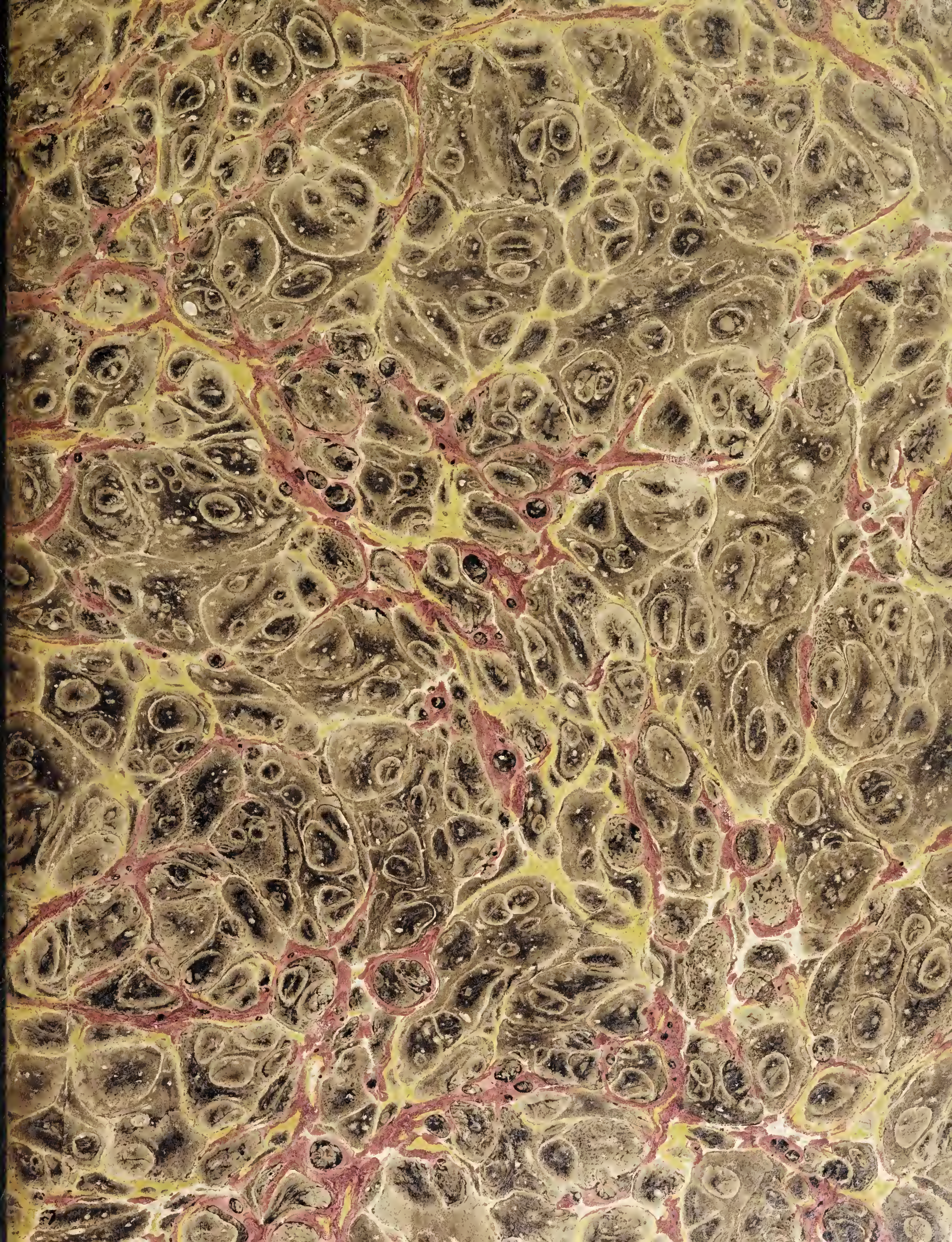


50

Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
Getty Research Institute

https://archive.org/details/memoriasuipontis00wieb

MEMORIA
SUI PONTI SOSPESI
A CATENE DI FERRO
COSTRUTTI IN QUESTI ULTIMI TEMPI
NELL'INGHILTERRA E NELLA RUSSIA

DEL

Cavaliere di Wiebeking

Consigliere privato di Sua Maestà il Re di Baviera; antico direttore generale di Ponti e Strade del regno di Baviera; Cavaliere dell'Ordine del merito civile della Corona di Baviera; dell'Ordine imperiale russo di S. Anna di 2ª classe in brillanti, e dell' Ordine reale del Leone Belgico; corrispondente dell' Istituto Reale di Francia, dell'Accademia delle Scienze; Membro delle Accademie delle Scienze di Monaco, di Gottinga, di Copenaghen, di Padova, di Torino, di Haarlem, di Rotterdam e d'Erfort; e delle Accademie di Belle Arti di Berlino, di Firenze, di Gand, di S. Luca a Roma e di Perugia.

PRIMA VERSIONE ITALIANA

DI

BASILIO SORESINA

MANTOVA

PRESSO GLI EDITORI GIOSAFATTE E FRATELLI NEGRETTI

MDCCCXXXIV

Quest'edizione è posta sotto la salvaguardia delle leggi vigenti in materia di stampa.

MILANO. COI TIPI DI G. TRUFFI E COMP.

PREFAZIONE DEL TRADUTTORE

Il nome del Cavaliere di Wiebeking è così intimamente legato all'idea di progresso nella scienza dell'ingegnere per le sue famose invenzioni di ponti e per altri grandi lavori, come profondissimo costruttore e come economista di vedute superiori, che deve al certo inspirar interesse ad ogni amatore dell'arte propria qualunque opera di lui. Ei pubblicò nel 1832 la Memoria che qui diamo tradotta; onde per l'epoca tanto a noi vicina, si può a buon dritto ritenere che v'abbia diffuse tutte le cognizioni più recenti sulla materia che tratta. E siccome offre interessantissimi e minuti ragguagli sopra i tre grandi ponti sospesi di Menai, di Conway e di Hammersmith, eretti in questi ultimi anni nell'Inghilterra, e sui tre simili costrutti in Russia con evidentissimi e notabili miglioramenti; siccome guida, per così dire, l'ingegnere di particolare in particolare, ponendo sott'occhio le difficoltà incontrate e gli artificj per superarle, appoggiandosi alle notizie comunicategli dagli architetti di tali monumenti, aggiugnendovi sempre le proprie osservazioni; e siccome chiude la sua Memoria con una serie di ottimi precetti desunti dalle meditazioni sulle costrutture già eseguite, e dalle proprie sperienze, non temiamo asserire essere questo libro il più utile trattato sui ponti pensili e l'unico a livello colle cognizioni del giorno. — E perchè con tutto avvedimento ragiona più a lungo del massimo ponte esistente (di quello di Menai) è certo che colla scorta di questa Memoria l'ingegnere può mettersi al caso di progettare qualunque costruzione di tal genere, e prevederne e superarne gli ostacoli, che per circostanze particolari di luogo o di materiali potrebbero insorgere nel meditare o nell'eseguire.

Nella persuasione di offrire al Pubblico un'operetta d'incontrastabile utilità, questa Memoria si è data nell'annotazione all'opera di Rondelet sui lavori di ferro; ed è per questa ragione che le Tavole che vi si riferiscono, essendo numerate colla serie di quelle che sono aggiunte alla citata opera di Rondelet, cominciano in questa separata pubblicazione dalla lettera P. E qui faremo osservare che appunto per essere questa materia stata già disposta ed apparecchiata anche per far parte di altr' opera, possiamo esporla al Pubblico per un terzo circa del costo dell'edizione originale, che è di 20 lire italiane.

Se col venir bene accolta questa operetta mostreracci esser tenuta in quel pregio in che noi la teniamo, saremo assai compensati e paghi di averla data alla lingua italiana.

Descrizione del ponte sospeso, progettato ed eseguito sul braccio di mare, chiamato Stretto di Menai, dall'ingegnere Telford, costruttore dei canali di *Caledonia* e d'*Elsmère*, come pure dei ponti più grandi in pietra ed in ferro descritti nelle mie opere. Per questa descrizione mi sono servito dell'opera di Telford, di cui mi fece presente, intitolata « *An historical descriptive account of the suspension Bridge, constructed over the Menai-Street in Nord-Wales, with a brief notice of Conway Bridge.* »

Rennie, padre, ingegnere de' più dotti d'Inghilterra propose nel 1801 molti progetti, per costruire un ponte su questo Stretto. La sua prima idea fu quella di un'arcata di piedi inglesi 450 (423 di Francia) d'apertura, con un'elevazione di piedi 150 (141) sopra il flusso del mare. Le centine, i reni, o fianchi, dovevano essere costrutti con cassoni di ghisa e sostenuti da due cosce di piedi 75 di grossezza, e di una elevazione di 100 piedi (94) sopra l'alta marea. Quindi pensò di costruire molti piccioli archi di pietra a ciascun lato di questa grande arcata. Il preventivo saliva a 259140 lire sterline.

Il suo secondo progetto consisteva, 1.° in un' arcata centrale della stessa dimensione; ma le cosce non dovevano avere che 40 piedi di grossezza; 2.° in due arcate di ferro a ciascun fianco, di 180 piedi d'apertura per ciascheduna, e queste ultime dovevano riunirsi alle rive con picciole arcate di pietra; il progetto fu valutato 262500 lire sterline. Le costruzioni di questi progetti dovevano tutte e due sboccare ad uno scoglio chiamato d' *Ynys-y-moch*, figura 7, Tavola R. In seguito Rennie propose un'altra direzione per simil ponte, volendo riunire lo scoglio *Swellis*, che emerge da questo Stretto, alle due rive. Questa comunicazione doveva essere formata; 1.° da un'arcata centrale di cassoni di ghisa, di 350 piedi d' apertura: 2.° da due arcate di pietra, ciascuna di 100 piedi. La grande arcata doveva elevarsi 150 piedi sopra la più alta marea. 3.° A ciascun fianco doveva esservi un'arcata di ferro dell'apertura di 300 piedi (283). 4.° Propose in seguito a ciascun fianco, piccioli archi di pietra, per istabilire la via continua verso la parte d'*Anglesey*, di una lunghezza di 434 *yards*, e verso *Carnavonshire* di 200 yards circa (un yard vale 3 piedi inglesi o millimetri 914). La spesa di questo progetto fu calcolata 265812 lire sterline. La seconda proposta di Rennie, relativa a quest' ultima direzione, consisteva in tre arcate, ciascuna di 350 piedi d'apertura, elevate alla chiave 150 piedi sopra il flusso. Le sue centine dovevano essere costrutte di cassoni di ghisa, e ciascuna pila e coscia doveva avere 70 piedi di grossezza. La spesa giungeva a lire sterline 290417. Ma quest' ingegnere non conosceva l'enorme difficoltà d' innalzare centinature e palchi di grandezza ed elevazione così imponenti; e la rapidità del flusso e del riflusso, il fondo pietroso e la grande profondità dello Stretto non permisero la costruzione delle centinature ferme nè di quelle erette sui puntoni. Preferì adunque la direzione d'*Ynys-y-moch*, laddove ora vediamo il ponte sospeso eseguito da Telford, dopo la morte dell' ingegnere Rennie, costruttore del ponte di Waterloo, di quello di Soutwork a Londra, del gran molo innanzi alla rada di Plimouth, e dei grandi bacini pei vascelli di marina, che si trovano lungo il fiume al di sotto di questa capitale.

Telford cominciò il suo primo progetto pel ponte di Menai nel 1810, epoca in cui i ponti sospesi non erano ancora introdotti in Inghilterra: perciò ei propose grandi arcate con casse di ghisa e barre di ferro. La sua prima intenzione era quella d'erigere, nella direzione dello scoglio *Swellis*, tre arcate, ciascuna di 260 piedi d' apertura, ed una di 100 piedi fra due di queste prime, come si vede nella Tavola CCXLVII, figura 13, della mia Architettura Civile. Tutte queste arcate dovevano elevarsi 90 piedi sopra la più alta marea, acciò i navigli di 300 tonnellate potessero andare a orza e correre a piene vele sotto il ponte. Ogni pila a coscia di queste arcate doveva avere una grossezza di 30 piedi. La spesa giugneva a 158698 lire sterline.

Il secondo progetto di Telford consisteva, 1.° in una sola arcata in cassoni di ghisa e di ferro, di 500 piedi d'apertura, la chiave della quale doveva elevarsi 100 piedi sopra la più alta marea. La costruzione rassomiglia quella del ponte di Bonnar, eseguito dallo stesso ingegnere e rappresentato sulla Tavola CCXLVII della mia Architettura Civile, fig. 19 e 25. 2.° A ciascun lato di questa arcata furono proposte picciole arcate di pietre, figura 26; la sua direzione fu determinata sopra *Ynys-y-moch*. La spesa è stata calcolata 127331 lire sterline. La difficoltà principale per l' esecuzione delle centine e dei palchi di quest'arcata grandissima fu promossa da Rennie padre e da Hulton, ma Telford, per vincerla, inventò un metodo affatto nuovo ed ingegnoso, di cui ecco una breve notizia. Terminata la muratura delle due coscie fino al livello della strada del ponte, si dovrebbero porre due quadri di ponti attaccatoi (*c*, *b*, *a*, figura 26 della Tavola testè citata) di grosso legname, fatti di travi, gambe di forza e rombi; quadri che dovrebbero essere puntellati dalle due coscie e ritenuti nella loro posizione col mezzo di barre di ferro, fermate per un capo nella muratura. Collocati innanzi a ciascuna coscia i due quadri di 27 piedi d'altezza presso la coscia, si doveva farne rotolar un altro sopra e attaccarlo con forche di ferro al secondo quadro, ritenuto dal legame *d* fatto con una catena la quale passerebbe sopra il quadrante B di ghisa fissato sulla coscia. Dunque si avrebbero avuti quattro quadranti. Gli altri quadri dovrebbero esser mossi alternativamente su quelli che sono già trattenuti dalle forche e dai legami *e*, *f*, *g*. I quadri di mezzo in questa centinatura dovrebbero avere soltanto 5 piedi d' altezza, e tutti questi quadri situati in diverse linee formerebbero le armature delle centine sulle quali si sarebbero posti i panconi e le zeppe per costruire i diversi ordini di cassoni di ghisa sui quali si eleverebbe la costruzione di pezzi di ferro: costruzione che avrebbe sostenuto immediatamente la via del ponte, come si vede nel disegno (Tavola CCXLVII, figure 19 e 25) del ponte di Bonar. Osserveremo infine che questo progetto d'impiegare i quadranti di ghisa o di ferro, come sostegni, ha probabilmente data l'idea d' applicarli appunto come sostegni nel ponte sospeso in catene eseguito sul canale di *Moika* a Pietroburgo, Tavola CCXLIII, figura 48, della mia Architettura Civile. Questo ponte è detto *della Posta*.

Tale progetto pel ponte di Menai fu, più tardi, abbandonato dall' autore istesso, e presentò nel 1814 un piano non meno ardito per un ponte sul fiume *Mersey* nella strada da *Runcorn* a *Liverpool*, laddove le rive s'innalzano 150 yards sopra il riflusso di questo fiume, il cui letto è composto di uno strato di sabbia sugli scogli, ed ove la navigazione e la grande larghezza del fiume non permettevano la costruzione di un ponte ad arcate di pietra che dovrebbero avere un diametro ed un' elevazione grandissima perchè i vascelli vi potessero veleggiar sotto. Per queste ragioni Telford determinossi

a progettare un ponte sospeso con corde di fili ed anelli di ferro che dovrebbero formare una specie di rete in sei corpi diversi. Propose una larghezza di 1000 piedi per la maggiore campata (940 piedi francesi) e 500 piedi ognuna per le due collaterali. La deflessione o senoverso delle corde di sospensione fu fissata a 50 piedi, e quella per la via od area del ponte a 20 piedi, costrutta del pari in corde sospese ai sostegni; ora, dice Telford nel suo progetto, dando alle corde su cui dovrebbe posare la strada, una tale freccia, si farebbero contribuire a portar una parte della strada invece che queste corde non sarebbero state che un carico per le catene principali. L'elevazione della via del ponte, la costruzione della quale non fu spiegata dal progettante nella sua opera, avrebbe dovuto essere di 60 in 70 piedi sul flusso. Ei voleva attaccare le corde di sospensione sopra tre linee a ciascun lato del ponte e che fossero portate da quattro sostegni in ciascuna parte della larghezza del ponte. Il modello di questa straordinaria costruzione avea 50 piedi di lunghezza e portava 3000 libbre senza veruno sconcerto.

Nel 1818 fu di nuovo espresso il desiderio di erigere un ponte sullo Stretto di Menai. Esaminata seriamente la posizione, Telford scelse la direzione d'*Ynys-y-moch*, non lungi da Bangor. Fissò a 100 piedi (94) sull'alta marea l'elevazione della via del ponte, e l' intervallo fra i due sostegni piramidali di ghisa doveva essere per la grande campata, piedi 560, e l' elevazione di questi sostegni piedi 50 (47) sopra la strada. Fissò sei linee di corde fatte di regoli di ferro con una deflessione o freccia inversa di 37 piedi, che starebbe all' apertura del ponte come 1 a 15, 13. Oltre questa grande apertura, la strada su questo Stretto doveva anche essere portata da archi in pietra, quattro cioè dalla parte d'Anglesey, e tre da quella di Carnavonshire. L' area del ponte si dividerebbe in una strada per le vetture da ciascuna parte, larga 12 piedi, e in un marciapiede nel mezzo largo 4 piedi. Ciascuna delle sedici corde di ferro dovrebbe essere composta di trentasei verghe quadrate accomodate capo per capo in tutta la lunghezza di una stessa corda, situate in modo da formare un prisma rettangolare di sei verghe per ogni lato. Quattro segmenti di cilindro piani ad una parte, rotondi dall'altra, posati sulle quattro faccie di questo prisma dovrebbero completare una corda avente un cerchio per circonferenza. Finalmente un filo di ferro avvolto a spira intorno a questo sistema avrebbe fatto un tutto di 4 pollici di diametro. La sezione di tutte le corde sarebbe stata dunque $16 \times 16 = 256$ pollici quadrati. Telford voleva anche rivestire ciascuna corda di una sostanza che le preservasse dall'azione atmosferica. A ciascuno dei quattro corpi delle corde di sospensione, composto di quattro linee di corde dovevano essere attaccati dei sospensorj tesi verticalmente. Le corde di ritenzione dovevano seppellirsi nella murazione delle coscie. Vedremo che Telford abbandonò la struttura delle corde in verghe di ferro, e adottò pel ponte di Menai il sistema delle catene a lunghe maglie introdotto in Inghilterra da Brown.

Prima di parlare della costruzione del ponte di *Menai*, detto anche ponte di *Bangor*, di cui ho dato una succinta notizia nel Tomo VII della mia opera sull'Architettura Civile, comunicherò i risultati delle sperienze fatte da Telford sulla resistenza dei pezzi di ferro.

Il regolo di ferro del diametro di $\frac{1}{10}$ di pollice inglese, lungo 100 piedi e del peso di 3 libbre ed once 3 e 172, si ruppe con un peso di 630 a 634 libbre. Le estremità della resistenza erano 616 a 651 libbre.

1.° Una barra di ferro del paese di Galles, del diametro di pollici 1 1/2, si ruppe sotto un peso di	43	tonn.	11	quint.	42278	chilog.	Una tonnellata inglese vale 1016 chilogrammi, e 20 quintali inglesi. Una libbra inglese vale 453,267 grammi.
2.° Una barra dello stesso ferro e di egual diametro si ruppe per la tensione di .	52	»	15	»	46470	»	
3.° Una barra di ferro di Staffordshire di 3/4 di pollice quadrato inglese	15	»	5 » 3	lib.	15393	»	
4.° *Idem* di pollici 1 1/2	32	»	6 » 0	»	32812	»	
5.° Una barra di ferro di Sud-Walles di 1 pol.	29	»	0 » 0	»	29464	»	
6.° Una barra di ferro battuto di Howard di 1 pollice	29	»	0 » 0	»	29464	»	
7.° Una barra di ferro svedese di 1 pollice	29	»	0 » 0	»	29464	»	
8.° Una barra di ferro comune di Staffordshire di 1 pollice	31	»	0 » 0	»	31196	»	
9.° Una barra dello stesso ferro di 2 pollici di diametro	100	»	0 » 0	»	101600	»	

M. Barlow professore di matematiche alla scuola militare di Woolwich fece la riduzione di questi sperimenti ad una barra la cui sezione era un pollice quadrato, e trovò che la resistenza è di 29 tonnellate, quintali 5 2/3, ovvero 29876 chilogrammi. Telford ha creduto più sicuro l'ammettere nel suo calcolo sul ponte di Menai la minore resistenza trovata in questi tentativi, cioè tonnellate 27 = 27432 chilogrammi, per una barra di un pollice quadrato. Valutando il peso di una tonnellata 2000 libbre, benchè non ne sia che 1540, peso di marco, ne risulta una resistenza di 272000 = 54000 libbre inglesi. I surriferiti sperimenti furono fatti probabilmente con barre la cui lunghezza era eguale a quella dei catenoni impiegati nelle catene di sospensione di questo ponte: ora è presumibile che la lunghezza influisca sul grado di resistenza e noi vediamo che gli sperimenti fatti da Telford con barre più brevi danno una resistenza maggiore. — Secondo gli sperimenti fatti da Telford e Brown, una barra di ferro del diametro di due pollici cominciò ad allungarsi di $\frac{1}{10}$ di pollice circa con un peso di 45 tonnellate; sotto 100 tonnellate diede segni di rottura. Poi, secondo le prove fatte da quest'ultimo, una barra di 1 1/2 pollice di diametro e di 7 piedi, 4 pollici, 3 linee di lunghezza, si stendeva col peso di 33,5 tonnellate di un pollice e 9 linee, sotto 42,5 tonnellate (43180 chilog.) si è allungata 3 pollici. Finalmente essa si ruppe con 47,5 tonnellate (48250 chilog.) dopo essersi allungata pollici 13 3/5. Il diametro di questa barra era diminuito nel punto della rottura 3/8 di pollice. Telford nella sua opera su questo ponte osserva che i fili di ferro di $\frac{1}{10}$ ad $\frac{1}{21}$ di pollice di diametro è di una lunghezza di 100 a 900 piedi, le quali erano curve talmente che la loro deflessione era piedi 31,5 sostennero a tre punti distanti egualmente l'uno dall'altro, $\frac{1}{10}$ del peso che romperebbe queste verghe impiegando verticalmente questo peso. Poscia colla deflessione di un ventesimo, il filo sopportava il terzo di ciò che lo romperebbe sotto un peso impiegato verticalmente.

Telford dopo un gran numero di esperimenti fatti da lui stesso e dal suo maestro Provis sulla resistenza delle barre di ferro, si decise a fissar la grossezza dei catenoni

di sospensione che voleva impiegare nel ponte di Menai, ha dato cioè all'altezza di esse 3 1/4 pol. inglesi ($3\frac{1}{24}$ pollici di Francia), alla larghezza d'un pollice ($11\frac{4}{10}$ linee di Francia), ed alla lunghezza, fra i centri di due fori od orecchie, dieci piedi. Ammise 27 tonnellate come la minima forza per rompere le barre di ferro, la cui sezione è di un pollice quadrato, e che una barra normale per le catene di sospensione di questo ponte può resistere almeno ad un peso di tonnellate 87 3/4, o chilogrammi 89166. La metà (43 1/8 tonnellate o chilogrammi 44583) potendo produrre secondo Telford un allungamento del ferro, ha considerato 35 tonnellate o 35560 chilogrammi come un peso sufficiente che si poteva ammettere nel calcolo: ora $43\frac{1}{8}$ tonnellate, è la metà della resistenza di 87 3/4 tonnellate.

Per adottare un altro modo di calcolo, dice quest'ingegnere, prendendo la quantità totale delle catene di sospensione a 5 volte tanto di forza che la teoria suppone come sufficiente per portare il ponte ed il suo carico, risulta da ciò $\frac{27}{5} = 5\ 2/3$ tonnellate che sarebbe il peso attuale di ogni pollice quadrato di ferro. Moltiplicando ciò per 3 1/4 di pollice (sezione di ciascun catenone) si hanno 17,55 tonnellate (17738,8 chilogrammi) come il peso che potrebbe essere portato da ogni linea di catene. Supponendo che l'estensione degli esperimenti aumenti o raddoppi il peso che agirebbe sulle catene la cui grossezza si è di sopra fissata, il prodotto sarebbe $17{,}55 \times 2 = 35\frac{1}{10}$ tonnellate come peso appropriato. Questo prodotto corrisponde quasi al primo risultato e fornisce 11 tonnellate ogni pollice quadrato della sezione di una barra di ferro. — Dietro ciò, fu deciso, come regola generale, undici tonnellate per ogni pollice quadrato di sezione delle catene di sospensione. Il che dà per una catena di tal ponte 35 tonnellate. Finalmente osserveremo che il peso di 11 tonnellate fu del pari adottato pel pollice quadrato nella mia opera sull'Architettura Civile.

La macchina, figura 6 e 7, Tavola T, destinata agli sperimenti fatti da Provis, era composta d'una serie di tre ruote *s*, *k*, *l*, di tre rocchetti *m*, *n*, *o*, e di leve. Ogni catenone fu tenuto da una catena articolata *b* grossa pollici 1 1/7. Essa girava intorno al cilindro *a* di pollici 9 7/8 su cui era attaccata. L'estremità opposta del catenone si era attaccata nello stesso modo alla catena articolata che era unita col mezzo di una vite a dado coll'albero *e* della ruota dentata *t*. La mezza lunghezza di quest'ultima catena che poteva avvolgersi al cilindro *e*, era pollici 6,31. La lunghezza di ciascuna delle due leve *c*, *c*, fissate sull'asse del cilindro *a*, era pollici 57,25. Il braccio breve delle leve *d*, *d*, era pollici 2,72 e il braccio lungo all'estremità del quale era la bilancia *g*, destinata pei pesi, aveva pollici 54,62 di lunghezza. Dietro questi dati si ebbe $\frac{57{,}25 \cdot 54{,}62}{6{,}31 \cdot 2{.}72} = 184$ circa; il che sarebbe il peso del catenone per ogni libbra nella bilancia *g* che era caricata d'un peso di 350 libbre. Quattro operaj giravano i manubrj *h*, *h*, finchè si elevarono la bilancia ed il suo peso; per conseguenza l'ultimo pure era trasferito al catenone di sperimento. Moltiplicando il peso posto sulla bilancia per 184, il prodotto è 32 1/7 5 tonnellate, 2 4/7 5 tonnellate meno del peso proposto sopra, come peso normale che si potrebbe sospendere colla maggior sicurezza a ciascuna catena di sospensione dell'altezza di pollici 3 1/4 e della larghezza di un pollice. Ma bisogna aggiugnere la forza necessaria per vincere l'attrito degli assi della macchina nei loro cuscini e della bilancia nel suo punto di movimento. Quest'attrito fu

equilibrato con un contrappeso *t* di 347 libbre sospeso al braccio breve *u* della bilancia: non v'ha dubbio che quest'attrito eguagliasse almeno 2 475 tonnellate che sembravano maneare per l'ultimo caleolo. Inoltre è probabilissimo chc l'attrito potesse essere di un valor maggiorc di 2 475 tonnellate, e si può quindi ammettere la resistcnza pcr un catenone 40 tonnellate inveee di 35. Nel tempo che la barra sperimentata che doveva servire per un catenone cra esposta a questa tensione si batteva fortcmente a colpi di martello che impressero una subita vibrazione nella barra. Con eiò sperimentossi assai rigorosamente la resistenza dei catenoni, poi si esaminava aeeuratamente sc aveva essa de' sintomi di rottura. Terminato un esperimento si allentava la maechina e si staeeava il catenone dalle due catene articolate. La prova sicura ehe il primo non avea subito verun allungamento si manifestava quando le sue due orecchie eorrispondevano a quelle del catenone normale.

In questo modo fu sottomesso alla prova ciascun pezzo di ferro che doveva essere impiegato nel ponte di Menai; e Provis ha dato nella terza appendice dell' opera un quadro, in cui eceo i numeri dei pezzi che sono stati provati.

Barre di ferro 4 polliei alte, larghe 1 1/2, destinate ai catenoni di fermaglio	5032,	60*).	0**).	0 a).	4072 b).
Anelli destinati ad unire i catenoni	6238,	175.	0.	0.	6063.
Barre di polliei 3 1/4 di altezza sopra un pollice di larghezza destinate pei catenoni del ponte	10476,	249.	100.	47.	10080.
Numero di tutti i pezzi	21746,	448.	100.	47.	20215.

*) Numero dei pezzi rifiutati, essendo imperfettamente lavorati o bruciati nella fucina.
**) Numero dei pezzi offesi nelle prove .a) Num. dei pezzi rotti in sue parti. b). Num. dei pezzi non difettosi ed impiegati

Telford, dopo aver ripetute le più accurate riccrche sulla località dello Stretto di mare che separa Carnavonshire dall'Isola di Anglesey, si decise ad erigerc il ponte nella direzione di uno seoglio in fronte a quest'isola chiamato *Ynys-y-moch*, figura 7 Tavola R; ed a costruire un ponte sospeso a maglie o catenoni lunghi: ora, le corde in fili di ferro sono troppo facili a far nodi e soggette a forti attacchi prodotti dagli uragani furiosi che si seatenano di spesso sopra questo stretto di mare; i quali obbligavano l'ingegnere ad evitare i movimenti oscillatorj e trasversali delle catene, come pure un innalzamento della via del ponte. I quali effetti produrrebbero la rottura dei sospensorj e di altri punti cssenziali di una tale costruzione, se non avessero peso bastante. Questa è probabilmentc la ragione per cui Telford applieò ottanta linee di catene al ponte.

Aeiocchè il lettore si faccia una chiara idea di questa grande costruzione, ne ho fatto ineidere le sezioni ed alzati sulle Tavole Q, R, S, T; riunite una contro l'altra formerebbero un insieme presentante tutto il ponte suddetto.

Il ponte di Menai detto anehe di Bangor, il cui progetto fu terminato nel 1818, si comineiò nel Scttembre di quest'anno, benchè non fosse accordata che la somma di 20000 lire sterline pei primi lavori, e benchè il *Bill* per lo stabilimento di questo gran monumento nazionale che fa tanto onore al suo costruttore non passasse alle camere che il 2 Luglio 1819 allorchè le arcate di pietra dalla parte di Anglesey e la gran piramide troncata dalla parte di Carnavonshire erano già fondate.

Questo ponte è composto dalla parte d'Anglesey di quattro arcate di pietra, fig. 1, tav. P e dalla parte opposta di tre; ed alle estremità della grande apertura di esso,

di due piramidi troncate. La saetta inversa delle sue catene di sospensione è 40 piedi (38 piedi di Francia), e sta all' apertura come 1 a 14,32. In ciascuna piramide sono situate quattro casse di ghisa che io chiamo casse delle selle, tav. 5, fig. 3, metà della quale rappresenta l'alzata e metà la sezione trasversale. Ciascuna delle otto casse delle selle, sostenute dalle due piramidi, è attraversata da 20 catene, e siccome due casse portano la stessa serie di catene, il numero di queste ultime arriva a 80. Le superficie delle selle su cui poggiano i catenoni di rannodamento, fig. 4, tav. P, corrispondono alla direzione delle catene di sospensione e di ritenzione; questa è la ragione per cui queste superficie sono convesse. I 444 sospensorj sono alternativamente attaccati agli anelli che congiungono le catene mediante una cavicchia di 2 pollici di diametro, attraversante due anelli collaterali, munita da una parte di una testa e dall' altra di una vite a dado, fig. 5, tav. T. Ogni anello ha lo spessore di un pollice e 18 pollici di lunghezza. A questi sospensorj è attaccato immediatamente il corpo della via del ponte, fig. 4 tav. S, che ha due piedi di curvatura, acciocchè possa avvicinarsi alla direzione orizzontale quando la catenaria si allunga alquanto per l'effetto dei pesi che passano sul ponte o per quello dell'influenza atmosferica. L'area del ponte si eleva 103 piedi sull'alta marea, e le due piramidi troncate s'innalzano sopra di essa 160 piedi. — Di queste ognuna è penetrata da due passaggi *a*, *b*, fig. 3, tav. S, che servono per le vetture e pei pedoni. I sospensorj di un pollice quadrato portano col mezzo di una forte cavicchia la quale attraversa in pari tempo le due barre di ferro, *a*, *b*, fig. 5, formanti i suoli del tavolato, una parte delle quali è disegnata nella fig. 2. La larghezza dell'area del ponte è 28 piedi; essa è divisa in due vie per le vetture, figura stessa, e nel mezzo si trova il marciapiede largo 4 piedi. Ciascuno dei detti suoli è composto di due linee di barre, *a b*, *d a*, fig. 5, fra le quali fu intromesso un pezzo di legno per dare maggiore stabilità ad un tal suolo. Ognuna di queste barre è alta pollici 3 1/2 per 6 linee di larghezza e 12 piedi di lunghezza. Due coppie di queste barre *e f*, fig. 5, formanti una larghezza di 5 piedi, furono sospese e caricate di un peso di 5 in 6 tonnellate (5080 a 6096 chilogrammi) per riconoscere la resistenza. Sotto questo carico le barre cominciarono a piegare; levato esso si raddrizzarono, onde questo sperimento accertò che i compartimenti di questi suoli porterebbero con sicurezza il tavolato ed il peso che passerebbe sull'area del ponte. Nulladimeno vedremo in seguito che queste barre non hanno resistito alle scosse delle burrasche. Due strati di tavoloni, fig. 4, grossi ciascuno tre pollici, si posero sopra i compartimenti de' suoli *e*. Finalmente l' area della grande apertura del ponte si compone ove è destinata al carreggio, di un pavimento su pezzi di ghisa, fig. 3, tav. T, sopra uno strato di feltro impregnato di catrame e di pece.

L'enorme peso, 500 tonnellate (508000 chilogrammi) delle parti di ferro e della via del ponte, senza valutare i pesi che si muovono su esso, pesi tutti che agiscono sulle piramidi troncate, esigeva l'invenzione di un mezzo per distribuire egualmente la pressione verticale di questo carico sulle piattaforme delle piramidi. Stabilì quindi Telford di far attraversare le menzionate casse di ghisa dai catenoni di rannodamento senz' attaccarli a queste casse. Ma non era facile trovare il mezzo perfetto, acciò questi catenoni potessero muoversi leggermente. Ecco l' invenzione così felicemente applicata per la prima volta a questo ponte. Mediante una capra armata di funi e di taglie,

s'innalzano sulle piattaforme delle due piramidi, otto tavole di ghisa, 1 a 8, fig. 5 e 6, tav. Q. Esse hanno 40 pollici di spessore, sono congiunte l' una all' altra con addentellati e infossate nelle pietre calcaree e durissime di cui si sono costrutte le piramidi stesse. Un tal piano formato da questi otto pezzi di ghisa ha piedi 32 1/2 di lunghezza sopra 9 di larghezza; ed è circondato da un quadro *a b c d* di barre di ferro ed unito con cinque traverse *i*, *h*, *g*, *f*, *e*, dello stesso metallo. Questi ultimi sono sepolti nelle incavature dei pezzi di ghisa. Sui quattro compartimenti *i*, *g*, *f*, *e*, tanti pezzi di ghisa furono collocati quanti se ne vedono nei due della figura 5. Ciascuno di essi ha 8 piedi e 7 pollici di lunghezza sopra 11 pollici di altezza nel suo mezzo. Chiameremo un tal pezzo *a b*, fig. 3, tav. R, cuscino della cassa delle selle. Esso è circondato e ritenuto nella sua posizione da un quadro *e b*, fig. 5, tav. Q, di barre di ferro; le sue nove coste *i*, fig. 3, ritengono gli otto cilindri di ferro *d*, di 8 pollici di diametro e 5 piedi di lunghezza; si possono muovere negli otto incavi *c*. La detta cassa può dunque avere un poco di movimento, quando le catene di sospensione si allungano per l' influenza della temperatura atmosferica, o quando ricevono per effetto di un vento forte un' oscillazione od uno scuotimento laterale. Tali effetti non possono dunque influire in modo pericoloso duranti i venti mediocri, nè sulla catenaria, nè sui sospensorj, nè sulle piramidi formanti i sostegni. Le catene di sospensione tendono al contrario a ritenere costantemente il peso che agisce sulle piattaforme di ciascuna piramide, in una direzione verticale.

La figura 6, Tavola Q, rappresenta il modo con cui due serie di queste catene, ciascuna di cinque, attraversano due casse delle selle *b* e *d*. Nei quattro passaggi od intervalli 1, 2, 3 e 4, figura 3, Tavola R, di una tal cassa sono allogati i venti catenoni di rannodamento (cinque serie in ciascun intervallo) che uniscono altrettante linee di catene di sospensione ed altrettante linee di catene di ritenzione. Ogni catenone ha 6 pollici di altezza per 6 e 1/2 di larghezza. Per collocare comodamente cinque catenoni l'uno presso l'altro si è dato a ciascun passaggio un'altezza di 7 pollici.

La maggior parte dei catenoni hanno ricevuto due orecchie circolari di 3 pollici di diametro. Ma la difficoltà sta nel foggiare ciascun catenone secondo la lunghezza normale. I costruttori che tempo fa impiegarono sempre i catenoni ad orecchie rotonde erano dunque obbligati ad allungare od accorciare una catena mettendola sui sostegni. Perciò Traitteur e Telford, il primo ne' suoi ponti di Pietroburgo e l' ultimo nel suo ponte di Menai, hanno proveduto alcuni catenoni, e specialmente quelli che si approssimano ai sostegni ed alle piastre di fermaglio, ad una delle loro estremità, con un occhio, figura 5, Tavola R, che ha 13 ai 19 pollici di lunghezza, benchè la larghezza non sia che di 3. Quando una catena doveva essere accorciata, si piantava in quest' occhio una specie di birillo che riceveva all' alto una testa che toccava la flanella inzuppata d' olio od un feltro che circonda la cavicchia attraversante quest' occhio. Talvolta vi si sono piantati anche due birilli. Rapporto ai catenoni e cavicchie di rannodamento rimarcheremo: 1.° che i primi nelle catene di attacco hanno un' altezza di 4 pollici, una larghezza di pollici 1 e 1/2, ed una lunghezza di piedi 7 e 1/2 inclusivamente alla semilunghezza di un anello di rannodamento; — 2.° che le cavicchie di queste catene hanno un diametro di 4 a 6 pollici, e che quelle che ritengono le estremità di queste catene nelle camere *h*, figura 2, Tavola Q, tagliate nelle roccie hanno pure una

lunghezza di 9 piedi e 1/2 e che le caviechie attaccanti gli altri anelli e catenom hanno un diametro di 3 polliei. Telford fortifieò questi catenoni di fermaglio e cavicchie perchè si poteva supporre che l' ossidazione del ferro si accrescerebbe nelle gallerie sotterranee, e che si troverebbe una grande diffieoltà nel voler ripiugere o rimpiazzare questi pezzi.

Sieeome era neeessario ehe le eatene restassero nel seuso dell'altezze parallele e nella distanza preseritta dall'ingegnere, si posero alternativamente fra le linee di catene, barre di ferro *a*, *b*, *e*, figura 7, Tavola V della sezione di un pollice quadrato, e si attaecarono agli anelli *d* eon eavieehie a vite e dadi a testa poligona. In questo modo tutte le linee delle eatene rieevono l' impressione dei pesi che passano sul ponte; ed una linea sola non può esclusivamente rieevere un'ondulazione se tutte le altre linee non la risentono nello stesso momento. La stabilità della eatenaria risulta dunque in gran parte da questa disposizione.

Le eatene di ritenzione riceverebbero a cagione della loro straordinaria lunghezza una perieolosa ondulazione speeialmente nelle burrasche, la quale influirebbe sul moto oseillatorio della eatena di sospensione, e questo movimento aumenterebbe la vibrazione delle eatene di ritenzione. Ma Telford applieò un mezzo per ovviare a questi perniciosi effetti e per aumentare la stabilità di tutte queste eatene come pure la stabilità della via del ponte. Egli ha incastrato nella murazione delle arcate e in quella delle sponde della strada tutte le barre vertieali *a b* figura 1, Tavola R, che partono dalle catene di ritenzione, e noi le chiameremo *barre di tensione, o di sicurezza*, e non già sospensorj, perchè nulla è sospeso a queste barre. Questa disposizione si manifesta dunque eome un miglioramento nella eostruzione di grandissimi ponti esposti agli assalti di venti furiosi.

La lunghezza straordinaria delle catene di ritenzione e di attacco, risultante dalla distanza delle due roccie a eui si dovevano attaccare le estremità o piastre di fermaglio di queste ultime catene, esigeva de'sostegni intermedj fra ciascuna delle due piramidi troncate e l'origine di tali eatene presso la roccia. Esse hanno un'estensione dalla parte d' Anglesey di 610 piedi, Tavola Q, e da quella di Carnavonshire, Tavola T, di 550 piedi. Le prime riposano sopra sostegni posti sotto la volta B figura 1, formati da quattro casse di ghisa *k*, *l*, *l*, *m*, figura 2, Tavola Q. Ciaseuna di esse, figura 12, ha quattro selle eonvesse penetrate da quattro passaggi ove sono eolloeati gli anelli di rannodamento, *c c* figura 4. In questa figura si osservano quattro ranghi di catene d' attaeeo *a*, *a*, una sull' altra ed un oreeehia oblungata *e*. La figura 11 presenta la pianta di una tal eassa, e la figura 12 la sezione. Essa è trapassata verticalmente da due barre di ferro che entrano in due inforeature tagliate nella roccia, e terminano superiormente con una vite *a b* per essere attaecate solidamente e per avere una perfetta stabilità.

Dalla parte di Carnavonshire il sostegno intermedio trovasi nella casa di dogana A, figura 1, Tavola T. Le eatene posano negl'intervalli di quattro easse di ghisa, di due delle quali vedesi la sezione nella figura 4, Tavola T; sono esse rinserrate in un quadro di ferro e sostenute da volte; la figura 6, Tavola T, presenta la detta casa e la sezione del suo piano ove si osserva il collocamento delle easse intermedie in *a*.

La direzione delle eatene di ritenzioue e di attacco eome pure la loro perfetta unione in un corpo solido ehe mai possa eangiar sito, e il modo di fissare le ultime

e le loro piastre di fermaglio, formante ciò che chiamiamo *armatura delle catene*, tutto ciò esige la più matura considerazione. Quest'armatura è della maggior conseguenza nell'esecuzione dei ponti sospesi, specialmente in quella del ponte di Menai, che offre l'apertura più grande di tutti i ponti fino ad ora gettati sui fiumi o sui rami di mare.

Tenterò frattanto di far conoscere al lettore questa armatura così rimarchevole; a tale effetto ho approfittato dell'opere di Telford e dei disegni che vi sono uniti. Due roccie alle due sponde del ponte, figura 1 e I Tav. Q e T, formano due corpi di armatura immoti. Ma per estendere le catene fino ai punti di attacco erano inevitabili le gallerie sotterranee chiamate *tunnels* dagli Inglesi. Le prime parti di queste gallerie consistono in volte e le altre sono state tagliate nella roccia. Quasi ogni corpo di catena ha ricevuto la sua galleria, che lascia allato delle catene un intervallo di pollici 18 per le manovre. Le figure 2, Tav. Q, e 3, Tav. T, rappresentano tutte queste gallerie indicate dalle lettere *a*, *b*, *c*, *d* ed *i*, e le camere di circolazione da *h*, *h*. Si giugne a tutte queste gallerie pei sentieri *t n*, tagliati in parte nella roccia. Le gallerie dalla parte d'Anglesey hanno pure cinque ingressi: uno comincia nel sito voltato B, fig. 1, Tav. Q, e quattro ingressi si trovano nell'argine innanzi alla coscia che guarda Carnavonshire, figura 2.

L'armatura delle catene d'attacco nel ponte di Menai è non solo ingegnosissima ma anche istruttiva. Per addossare solidamente le piastre di fermaglio di ghisa *a a*, *d e*, fig. 8, Tav. Q, ciascuna delle quali ha 8 1/2 piedi di lunghezza per 18 pollici di altezza e 6 di spessore, contro la roccia, vi si sono tagliate delle impostature *w*, *w*, fig. 2, contro le quali si appoggia la piastra *a*, *a*, nella quale sono imbrigliati i quattro catenoni *c*, *c*, *c*, *c*. Una seconda piastra *d e* s'indossa a questa prima, e tutte due sono situate perpendicolarmente sulla direzione delle catene. Poscia si sono coperte queste due piastre, come pure l'origine dei catenoni, con una larga piastra di ghisa *d i* fig. 9. Da una parte ha quattro intaccature rettangolari, e dall'altra quattro circolari. Queste ultime e le prime orecchie dei catenoni sono attraversate da altrettante cavicchie di ferro *m*. Ogni cavicchia di fermaglio è del diametro di 4 pollici e lungo 9 piedi, essa attraversa le cinque orecchie d'una serie di catene; cosicchè queste quattro cavicchie attraversano i venti catenoni di un corpo di catene; e sono forse con una estremità incastrate nella roccia. Bisogna osservare che queste piastre come anche la struttura seguente, si ripetono dall'altra parte all'origine d'un corpo di catene. Tre barre di ghisa *i*, *i*, *i*, sono intrecciate negli angoli rientranti *k* della grande piastra *d i* e nell'altezza *h a* della galleria; e le barre *o*, *b*, *b* sono incastrate nel suolo della roccia. I due corpi intermedj delle catene di attacco hanno probabilmente alle loro due parti le stesse armature, ma affinchè uno di questi due corpi non potesse avvicinarsi all'altro vi si sono poste le barre M, fig. 10, nell'intervallo delle catene e della roccia. Sulle dette piastre ed anelli di rannodamento si sono messi i cassoni di ghisa *p*, *p*, N, N per guarentire queste parti dall'umidità e per aumentarne la stabilità. Gli ultimi cassoni e quello in L si addossano alle barre *c d* che si appoggiano alle impostature tagliate nella roccia. Per evitare l'abbassamento dell'origine di un corpo di catene vi si son messi sotto alcuni quadri di ghisa fig. 8, Tav. R.

Dalla parte d'Anglesey le catene d'attacco furono poste il 22 Maggio 1825, cioè otto mesi dopo che erano compiute le arcate di muratura. Alla situazione delle catene nelle

gallerie hanno servito presso la loro origine i detti quadri, e dall' altra parte pezzi di legno di quercia, e questi furono poscia levati dopo che fu terminata tal situazione. Finalmente per distendere le catene nelle gallerie fu situato all' uscita della galleria stessa un argano armato di grossa fune e di due taglie. Questa manovra esigeva la forza di 8 tonnellate (8128 chilogrammi) per mettere e tenere in movimento l' argano con un numero bastante di uomini.

Accomodate perfettamente le catene, si collocarono due paja di lastre di ferro *a* e *b*, fig. 7 e 14, Tav. Q. Ciascun pajo era commesso con dadi per abbracciare fortemente le catene. Quindi vi furono piantati i pezzi di legno cuneiformi *c*, *c*, acciocchè le piastre non striscias sero lungo i catenoni. Due staffe di ferro *d*, *d*, penetrate dalle caviechie *e*, *e*, furono messe intorno alle piastre *a*. Due barre di ferro *f*, *f*, passavano fra le piastre *b*, *b*, e furono impedite dal volgersi coi pezzi *g*, *g* e colle chiavi *h*, *h*, le quali attraversavano queste barre. L' estremità opposta di ciascuna barra era penetrata da un foro circolare per cui passava una specie di cappelletto rotondo *i*. Tutti e due attraversavano pure i fori delle lamine *k*, *k*, che erano del pari attaccate alle barre *f*, *f*, con caviechie a vite *e e*, acciocchè la commessione dei pezzi *d*, *k* ed *f* formassero un tutto. Quindi si applicò verticalmente su ciascuno dei cappelletti la leva *l*, lunga 10 piedi circa, e si abbassò nello stesso momento l' una e l' altra leva col mezzo di corde e taglie *m* finchè queste leve fossero parallele alle barre *f f*. Quest' operazione dando ai cappelletti *i i* un quarto di rivoluzione, ed essendo la distanza fra il loro centro pollici 1 1/4, necessariamente le piastre *a*, *a*, *b*, *b* ed i catenoni coi quali erano perfettamente combinate si trovarono ravvicinati di pollici 1 1/4. Le zeppe *c c* furono allora piantate. Impiegate le leve come alla prima volta, si riceveva di nuovo un tale accorciamento della catena. Finalmente si ripetè questa operazione tante volte quante fu necessario.

Circa il perforare le orecchie nelle barre di ferro destinate alle maglie o catenoni, osserveremo che furono rettificate a cagione della loro lunghezza e grossezza e si lasciarono raffreddare queste barre di ferro, destinate ai catenoni prima di farvi i fori od orecchie. Fissato il centro di questi ultimi col mezzo di una macchina, e secondo una maglia normale, si applicò un' altra macchina nella quale era fortemente ribadito un trapano d' acciajo messo in moto coll' applicazione di qualche ruota. S'impiegò pure la vite terminata da saetta d' acciajo girata col mezzo di due bilancieri.

Prima di fare sperimenti sulla resistenza dei due assortimenti di barre di ferro che sostengono la via del ponte da noi chiamati *suoli*, e prima che si elevasse il cuscino della cassa delle selle sopra una piramide troncata, si facevano sperimenti sulla resistenza delle funi che dovevano servire alle macchine destinate alla tensione. — Questi sperimenti fatti con una macchina, fig. 6, Tav. R, diedero questo risultato; che una corda di pollici 5 1/4 di circonferenza si rompeva con un peso di 6 3/4 tonnellate (6858 chilogrammi). Una corda di pollici 4 1/2 si ruppe con un peso di tonn. 4 $\frac{4}{10}$ (4180 chilog.) e finalmente una terza corda della stessa circonferenza, ma di canape migliore, si ruppe con una forza di 6 tonnellate o di 6096 chilogrammi.

Era essenzialissimo conoscere 1.° la tensione d'una catena della stessa dimensione, curvatura e lunghezza che dovrebbe formare una linea di sospensione nel ponte di Menai; 2.° determinare le diverse lunghezze dei sospensorj che dovrebbero essere attaccati alla

catenaria di questo ponte. A tale scopo si fece sospendere la catena *m*, figura 2, Tav. P. Una delle sue estremità fu attaccata sul cilindro *b*, fig. B, Tav. V, col mezzo di una breve catena articolata *a*, che è stata ritenuta da corde e carrucole e dall' asse della ruota *c* girato da una manovella. Il braccio di leva orizzontale *f*, fig. A, era 10 piedi e 10 pollici, e il suo braccio breve stava al primo come 1 a 13. L'ipomoclio fu sostenuto dal sospensorio *r* fatto con due verghe di ferro. Esso era attaccato alla leva spezzata *o k r*, mobile intorno al perno *k*, unito colla punta *b* della capra *l b*; alla terza punta *o* di questa ultima leva era attaccata la catena *m* ed al braccio breve della leva orizzontale *f* era sospesa una catena membrata *g* attaccata alla roccia con un' ulivella *m*. Al braccio lungo *f* della leva era attaccata la bilancia *h*. Con quest' apparato si abbassò il braccio lungo della leva, e la catenaria fu serrata fino alla deflessione di 40 piedi. Si accomodò il peso e si trovò che 289 1/2 libbre sulla bilancia eguagliavano la tensione di quella catena. Ne risultò 3763 1/2 = 289 1/2 × 13. Finalmente Telford trovò che 6134 libbre bilanciavano la catena e che il peso di questa catenaria era nei punti di sospensione 39 tonnellate, 13 quintali; 1 libbra e 24 once. 3.° Per determinare la lunghezza dei sospensorj, fu sospesa una catena di un quarto della vera lunghezza e della curvatura inversa della catenaria del ponte, ed al di sotto, con questa proporzione, una linea orizzontale di tavole sulle quali fu tracciata la curvatura della via del ponte e la linea dei suoli. Allora si misurarono le verticali prese dei punti che secondo la detta scala marcavano il mezzo degli anelli, fino alla metà di questi suoli.

Prima d' impiegare i pezzi di ferro battuto, si preservò il ferro contro la ruggine e la corrosione col metodo seguente. Benchè non si conosca un rimedio perfetto e che del tutto riesca, perchè nessuna sostanza penetra sufficientemente nella superficie del ferro, ed applicata si stacca strofinando il ferro, nondimeno si trovò che l'intonaco d'olio formava una vernice sottile e compatta che difende il ferro dall'influenza dell'aria fino a che l' attrito dei pezzi uno contro l'altro non la porti via. Si riscaldarono i catenoni, gli anelli, le viti ecc. in un forno ad una temperatura sopportabile alla mano e s' immersero questi pezzi nell'olio di lino. Dopo qualche minuto si levarono e si rimisero nel forno per seccarli ad un calore mediocre, sostenutovi per tre o quattro ore. Ritirando i pezzi per la seconda volta dal forno, si è trovato che l'intonaco d'olio avea formato la detta vernice internatasi nei pori del ferro.

Finalmente dietro tutti i pezzi di ferro e di ghisa che s'indossavano alla roccia od alla muratura si applicarono pezzi di flanella inzuppati d'olio, e questo metodo fu pure applicato fra due pezzi che si toccano immediatamente o che lasciano fra loro qualche intervallo, per esempio l' intervallo fra i due anelli di rannodamento di una catena. Tutti i pezzi dell' armatura e della base delle casse delle selle sono sovrapposti l'uno all'altro o addossati alla roccia od alla muràzione o ad un' altra parte della costruzione. Invece di flanella si faceva uso pure di un feltro inzuppato di catrame e di pece.

Verso la fine dell' anno 1821 le cosce e le pile di tutte e sette le arcate collaterali erano complete. Nell'anno 1822 le arcate dalla parte di Carnavonshire furono voltate e si cominciarono gli archi della parte opposta, come pure le gallerie sotterranee tagliate in parte nella roccia e in parte composte di volte in muratura, come si vedono indicate nelle fig. 1, Tav. Q, e fig. 1, Tav. S e T.

La piramide tronca dalla parte d' Anglesey s' innalzava il 21 Giugno 1823, piedi 5 sopra la via, e quella dalla parte di Carnavonshire giugneva al livello delle arcate collaterali. Nel mese d'Ottobre fu cominciata l'armatura delle catene di attacco; verso la fine di quell'anno tutte le arcate erano serrate e le due piramidi si elevavano fino a 30 piedi sopra la strada. Nell'anno 1824, i lavori furono spinti con tanta celerità che nel Maggio 1825 la piramide dalla parte di Carnavonshire era finita. Dopo avere stese le catene di ritenzione, s'intraprese il collocamento di quelle di sospensione. Le prime furono stabilite su palchi fatti di pali e di asciallони che li coprivano trasversalmente, e di tavole.

Prima che fossero collocati i primi catenoni di rannodamento sulle due piramidi fu proposto d' aprire fra queste ultime un ponte di servigio fatto con forti corde e tavole poste sopra le linee di esse per distendere le catene su questa comunicazione. Ma quest'idea fu abbandonata, certamente a cagione delle burrasche e della spaventevole elevazione sul mare, e perchè questo passaggio sarebbe stato troppo pericoloso. Si operò quindi nel modo seguente: posate le catene di ritenzione e di rannodamento, fu messo un puntone su questo stretto di mare ed allineato fra le due piramidi. Allora le catene di sospensione A, fig. 4, Tav. P, attaccate ai catenoni di rannodamento, furono calate nel puntone col mezzo di un falcone sarchiato, di funi e d'un palco sospeso stabilito sulla piramide dalla parte di Carnavonshire. Queste catene giunte sul puntone vi furono spiegate fino ad una certa distanza dalla parte inferiore della piramide opposta cioè da quella della parte d'Anglesey, fig. 3. Essendo il puntone molto agitato dalle onde, si posero ai suoi lati delle botti come galleggianti; ma questo mezzo non corrispose allo scopo, e si attaccarono in loro vece forti travi lungo i lati del puntone. Poscia furono tirate in alto le catene di sospensione fino innanzi alla piramide dalla parte di Anglesey. Per questa operazione si collocarono sopra ed allato di questa piramide un falcone sarchiato tenuto nella sua posizione dal cavo B, fig. 3, e fissato sull'argine, ed un cavalletto *a*, come pure una piattaforma. Per evitare la curvatura ed il rivolgimento di una tale catena, specialmente de' suoi primi catenoni *i*, *b*, fig. 3, vi fu posta sopra una trave *m* e legata con funi ai due ultimi catenoni. Quindi si attaccarono ai catenoni, col mezzo di un maschio *r r*, del diametro di pollici 4 1/2, attraversante il cilindro *h*, *h*, le taglie *d*, *e* mediante le corde *k* che attorniavano il cilindro ed i maschi *v*, *v* del diametro di 4 pollici; fanno parte dei quadri *u*, *u*. Le quattro carrucole agivano intorno ai maschi *t*, *t* del diametro di 2 pollici portati da due quadri di ferro. Sei corde univano queste otto carrucole alle altre sei *e e*. Ciascuna di queste quattordici carrucole avea 21 pollici di diametro, e linee 2 3/4 di spessore. Le funi avevano 5 pollici di circonferenza.

Volendo tirare le catene obliquamente al puntone innanzi alla cassa delle selle, si armavano di funi tutte queste carrucole e si tiravano i due cavi *f*, *f*, di traimento legati a due grandi argani situati sull' argine e fissati col mezzo di pali piantati in esso. Volgendo queste macchine, i due cavi *f*, *f*, passavano sopra i due rulli *g*, *g*, fig. 3 e s' attortigliavano intorno ai cilindri di questi due argani. Le catene procedevano adunque dal puntone verso la cima della piramide. Una serie dei primi catenoni *i* sarebbe stata esposta ad una forza troppo grande, e perciò fu combinata una catena di ritenzione colle sei carrucole a taglia *e*, *e*, col mezzo di due quadri di barre di ferro,

attaccati ad un albero *p*, *p*, colle corde *w*, *w*, e questi quadri erano muniti di due cavicchie *x*, *x* attortigliate anch'esse di corde. La serie di catene di sospensione essendo pervenuta presso la sommità della piramide, si elevò alquanto ancora col mezzo del falcone sarchiato X, tirando la corda D col mezzo di un argano situato sulla strada. Nella fig. 5 veggonsi in *e*, *b* cinque catene e si dovrebbe quindi supporre che una serie di cinque catene fosse tirata in alto con una sola manovra di questa macchina; ma dalla fig. 10 Tav. XV dell'opera di Telford, da cui queste figure furono tolte, sembra che colla prima manovra non si sia tirata in alto che una sola catena. Arrivati i catenoni *b*, assai presso dei catenoni di rannodamento, si osservava se l'una e l'altra catena fosse alquanto troppo lunga o tropro breve. Piantando nell' occhio oblungato A, fig. 4, uno o più birilli si abbreviava la catena e si applicava innanzi alla piramide invece di una catena ad occhio rotondo un'altra ad occhio oblungato. Finalmente fu eseguita l'unione di una serie di catene con una serie di catenoni di rannodamento, e tutte le ottanta catene di sospensione furono collocate dal 26 aprile al 9 Luglio 1825.

Stesa e collocata fra le due piramidi e sopra di esse una serie di cinque catene, si stabilì sovr'esse con tavole una specie di sentiero per poter attaccare i sospensorj e giovare alle manovre e lavori seguenti: Attaccati alle serie delle catene varj sospensorj si cominciò ad unire con queste ultime i compartimenti de' suoli di ferro di cui abbiamo parlato, e che portavano immediatamente il tavolato, fig. 4, Tav. S.

Il ponte di Menai fu aperto al Pubblico il 30 Gennajo 1826. Esso è composto di 4520 catenoni, che pesano più di 249900 chilogrammi. Il peso delle catene coi loro 5520 anelli, 1872 cavicchie a vite e dado di 3 pollici di diametro, e le 1332 cavicchie di pollici 1 1/4 di diametro che attaccano i 444 sospensorj, e le altre parti di queste catene, pesano 200304 chilogrammi. I cento undici suoli di ferro pesano 25400 chilogrammi ed i 444 sospensorj 7300 chilogrammi. Finalmente tutto il peso dei pezzi di ferro e di ghisa impiegati nelle catene, nelle opere sospese e nelle otto paja di rinforzi pesano 643 tonnellate, 15 quintali, 2 libbre e 7 once; vale a dire 654104 chilogrammi. Qual enorme peso di ferro e di ghisa! Hazledine fuse i pezzi di ferro; Rhodes diresse la posatura delle catene.

Una terribile tempesta avvenuta nel Febbrajo o nel Marzo del 1826, sollevando la via del ponte infranse 50 suoli di ferro, una gran parte delle due balaustrate ed un numero di sospensorj, la qual rottura derivò, come pretende Telford dall' essere questi toccati dal tavolato. Per evitare in futuro tale accidente il suddetto ingegnere risolvette di aggiugnere molti rinforzi che avevano per iscopo una maggiore stabilità di tutto l'insieme di questo gigantesco monumento. 1.° I corpi delle catene di sospensione e di ritenzione furono uniti nel senso della larghezza del ponte, da quadri, ciascuno de' quali è formato con sei tubi di ghisa, e fra essi furono tese barre di ferro a rombi, fig. 4, Tav. S. Ognuna delle due linee di tubi che hanno un diametro di 4 pollici è unita alle sue estremità col mezzo di parti piane fuse col tubo stesso. Queste parti piane sono trapassate da cavicchie che si attaccano a' catenoni e serrano i tubi contro le catene. Questo complesso di tubi offre un rannodamento perfetto. Due quadri sono sempre impiegati l'uno presso l'altro in modo che i tubi di un quadro si abbraccino col rango superiore ed il terzo delle catene; i tubi superiori del secondo quadro s' aggrappino al secondo ed i tubi inferiori al quarto rango di catene. In tal modo sono state

poste quattro paja di quadri nelle linee delle catene di sospensione e due paja da ciaseuna parte di quelle di ritenzione. Questi sedici quadri di tubi e di rombi, pesanti 3864 chilogrammi circa, impediscono ai corpi delle catene di abbandonare la loro posizione. Con questa disposizione e coll' impiego delle picciole barre *a*, *b*, fig. 5 Tav. T, che sono situate fra i diversi ranghi di catene, tutte le linee di queste ricevono nello stesso momento le impressioni dei pesi che passano sul ponte e quelle dei venti impetuosi. — 2.° Due casse delle selle che prima di tale accidente erano isolate, furono unite fra loro colle barre di ghisa *a*, *b*, *c*, *d*, fig. 5 Tav. R, e si vedono questi tre ranghi di barre in *k*, *l*, *m*, *f*, fig. 6 Tav. Q. In questo modo le due casse di selle su ciascuna piramide hanno ricevuto maggiore stabilità. Nella fig. 2 Tav. R sono indicate in *i* le cavità in cui sono piantate queste barre. — 3.° La struttura della via del ponte fu fortificata con un' opera arcuata di ferro, e che nella larghezza del ponte consiste in due sollievi di ferro *a*, *b* fig. 4 Tav. S, sotto ciascun suolo, attraversante un ascial-lone pendente o monaco *c*, *d* attaccato ai suoli con cavicchie a vite e dado; questi sollievi hanno assai contribuito alla stabilità e resistenza di essi suoli, e con questi tre mezzi la solidità del ponte fu compiuta.

Notizie sul ponte sospeso gettato sul braccio di mare, detto di Conway.

Il ponte di Conway, che mette in comunicazione l' Inghilterra coll'Irlanda, fu cominciato il 3 Aprile 1822 e terminato nella state del 1826 da Provis dietro il progetto dell'ingegnere Telford. Esaminando la veduta di questo ponte rappresentata nella Tavola V, si vedono sopra una delle rive dello Stretto gli avanzi di un antichissimo castello e delle mura della città munite di torri rotonde sopra uno scoglio dirupato. Fra la maggior corrente e la riva opposta si trova un'isola e una seconda corrente mediocremente rapida e profonda. A levante di quest'isola pietrosa si stendono banchi di sabbia larghi circa mezzo miglio inglese. Sono essi del tutto coperti nell' alta marea, che talvolta s' innalza fino a 24 piedi; ma nel tempo del riflusso sono secchi, eccetto un picciolo canale.

Altre volte si attraversava questo braccio di mare in battello con molto pericolo. Un solido ponte fu dunque l'oggetto della più alta importanza per la comunicazione fra questi due paesi. Quando la costruzione del ponte di Menai era di già avanzata per l'attività del detto ingegnere, questi ricevette dal Parlamento la missione onorevole di dar principio a quello di Conway. Fu risoluto di congiugnere l' isola ad una delle rive con un argine lungo 2015 piedi, del quale la maggior base è 300 piedi. Il dorso di questa diga che è costrutto parte a pietre perdute parte in muratura, sta dalla parte del mare alla sua elevazione (54 piedi) come 1 a 3. La larghezza della cresta di questa diga è 30 piedi. S' innalza essa 13 piedi sulla più alta marea, e la sommità dell'argine è provveduta di muri collaterali formanti parapetto.

Per secondare il carattere delle ruine dell'antico castello, Telford si decise di elevare a ciascuna estremità del ponte due torri rotonde terminate a merli. Queste quattro torri formano altrettanti sostegni pei due corpi di catene di sospensione. In questi edifizii si trovano le quattro casse di selle di ghisa che si muovono su cilindri di ferro. Tali casse elevate 25 piedi sopra l' area del ponte, sono formate come quelle del ponte

di Menai. Le linee più lunghe delle catene di ritenzione sorpassano un secondo sostegno le cui selle di catenoni di rannodamento fanno parte di una cassa di ghisa. La superficie di tutte le selle corrisponde alle direzioni di otto catene di sospensione ed a quelle delle catene di ritenzione; essa è dunque alquanto convessa. Tutte le otto catene di attacco hanno un carretto di piastre di barre di ghisa e di forti cavicchie di ferro. Pretendesi che rassomigli a quella del ponte di Bangor, e le piastre di fermaglio sono ritenute da aperture tagliate nella roccia.

L' apertura del ponte di Conway è di 327 piedi (315 di Francia); e la deflessione delle catene è piedi 22 1/2. Quest' ultima sta all' apertura della campata come 1 a 15. L' area del ponte s' innalza 15 piedi sopra la più alta marea; essa è alquanto convessa. Due strati di paneoni posti sopra un suolo di ferro compongono la strada o la via del ponte. Ciascuna delle quattro torri porta quattro linee di catene poste una sull'altra ad un intervallo di 10 polliei, e distanti 14 piedi nel senso della larghezza del ponte, la quale è pure di 14 piedi. Le quattro linee di catene sono unite in ciascun corpo da regoli di ferro. Ogni catenone è stato formato di cinque barre; esso ha un' altezza di 3/4 di polliee e la larghezza di un pollice. Le otto catene portano alternativamente i sospensorj o tiranti, la sezione de' quali è un pollice quadrato. La loro parte inferiore è incastrata fra le due barre formanti un piano o suolo trasversale; gli scomparti o quadrature di tali suoli sono fortificate da opere arcuate di ferro come quelle del ponte di Menai per aumentare la stabilità della via, e fors' anche da quadri in tubi di ghisa da noi già menzionati. I parapetti di ferro sono alti 5 piedi.

Il mettere a filo le catene di sospensione sopra una così larga apertura è sempre accompagnato da grandi difficoltà. Da prima si fece condurre la zattera, di cui abbiamo parlato, innanzi ad Aberconway; ma la rapidità della corrente era tanto aumentata per la restrizione prodotta dalla diga arginata, che la zattera non poteva essere fissata con sicurezza. D' allora in poi Telford fece stendere forti canapi sull' alto delle torri fissandoli con un capo alle catene di ritenzione, che erano già stese sopra i palchi formati di pali verticali coperti di somieri o cappelli. I canapi furono stesi con argani e taglie. Collocate che furono parallelamente e sopra sei linee di canapi, delle tavole nel senso della larghezza, si fecero stendere su questo ponte di servigio quattro catene di sospensione e si collocarono nelle differenti linee determinate dal progetto. Accomodate le catene, ed attaccati i sospensorj, furono poscia levati i canapi e messi sotto il secondo ponte di servigio per ripetere questa manovra.

È osservabilissimo come il ponte di Conway che attraversa un braccio sì grande di mare non sia composto che di otto catene di sospensione, benchè l'apertura sia di 327 piedi, e la sezione di tutte queste catene non sorpassi 26 polliei quadrati, misura inglese.

Un paralello fra il numero dei corpi e delle linee di catene e fra la sezione generale di tutte queste catene dei due grandi ponti di Menai e di Conway è tanto più interessante in quanto che questi due monumenti sono stati eretti dallo stesso ingegnere. La sezione generale delle catene del primo ponte è $80 \times 3{,}25 = 260$ polliei quadrati e quella del secondo è $8 \times 3{,}25 = 26$ polliei quadrati. Le aperture di questi due ponti sono nella proporzione di 327 a 572,7; i numeri dei corpi di catene come 2 a 4; i numeri delle catene come 8 a 80: le larghezze di questi ponti come 14 a 28. Dietro questi confronti si potrebbe concludere che la sezione di tutte le catene del ponte di Menai sieno troppo

grandi a paragone di quelle del ponte di Conway, che nondimeno resiste a tutti i carichi che vi passano sopra ed all' impeto dei venti. Ma si deve osservare che il ponte di Menai esigeva l' enorme peso di 80 catene di sospensione per evitare la perigliosa ondulazione che potrebbe essere prodotta dall' attacco dei furiosi uragani che assai di frequente s' innalzano su questo stretto di mare. Una di tali burrasche ha distrutte molte parti esenziali di questo ponte, come si è notato: la via del ponte fu sollevata di qualche piede. Benchè si sia dopo fortificato questo corpo del ponte con un' opera arcuata e con altri mezzi, penso che sarebbe utilissimo aumentare il peso di questa via con un pavimento ancora e con un puntellamento di legname teso sott' essa e fra i suoli di ferro, e contro i travi d'appoggio, chiamati a croce di S. Andrea. Queste aggiunte, per nulla costose, aumenterebbero di molto la stabilità e la resistenza del ponte, e consiglio tutti gl' ingegneri d' impiegare sempre in tali costruzioni i suddetti puntellamenti, mentre l' esperienza mi ha convinto della loro utilità e gli ho adoperati in tutti i grandi ponti da me eretti, e le cui arcate sono costrutte di pezzi centinati. Queste arcate hanno l' apertura perfino di 220 piedi. Le catene non sarebbero troppo aggravate dal peso di un pavimento largo 4 piedi perchè resistono almeno ad un carico di $35 \times 80 = 2800$ tonnellate, che equivalgono ad 2844400 chilogrammi. Ogni piede quadrato adunque dell'area del ponte potrebbe essere sopraccaricato di 177 chilogrammi, carico che sorpassa molte volte il peso che avrebbe se anche tutta l' area del ponte fosse piena di uomini. Del pari i 444 sospensorj non possono essere troppo caricati dal pavimento, perchè resistono ad una tensione di $444 \times 11 = 4884$ tonnellate o 4962144 chilogrammi. Se nel calcolo si mettono 8 tonnellatte di resistenza per pollice quadrato (sezione di un sospensorio) ne risulta una tensione di $344 \times 8 = 2552$ tonnellate o 3608822 chilogrammi.

Notizie sul ponte sospeso gettato sul Tamigi al di sopra di Londra detto di Hammersmith, presso un villaggio di questo nome.

Il ponte di Hammersmith è stato eseguito negli anni 1825, 1826 e 1827 dall'ingegnere Thierney Clark e dal Capitano Brown costruttore del ponte di Tweed. L' apertura della campata di mezzo del ponte di Hammersmith è 400 piedi e 3 pollici inglesi (Tav. V, fig 1). A ciascun lato della prima s' innalzano due sostegni o piloni uniti da un'arcata che forma il passaggio. Questa muratura e quella delle due cosce, dello spessore di 38 piedi, sono posate sopra una palafitta. Queste masse sono di granito, di pietre calcaree durissime e di mattoni. Otto corpi di catene di sospensione passano sopra i quattro sostegni. Le catene sono distribuite da ciascun lato del ponte, nel modo seguente: due ranghi di sei catene sono situati all'insù ed altrettante al di sotto, fig. 5, e due ranghi di tre catene verso il mezzo del ponte, fig. 2, e ad una distanza di 2 piedi e 3 pollici dalle prime. Si contano adunque $2.12 + 2.6 = 36$ catene di sospensione, ed altrettante di ritenzione, che riposano sopra otto casse di selle posate sopra i quattro piloni in muratura. La parte inferiore di ciascuna di queste casse consiste in due piccioli quadri *g*, *h*, fig. 2 e 5 incatenacciati sopra una piastra di ghisa sepolta nella muratura. Due aste *f e* sono uniti coi piccioli quadri e servono di cuscini ai cilindri o curri *a b*, che sono del pari rinchiusi in un quadro formato da queste aste unite

con traverse. La figura 4 spiega questa disposizione. Sui cilindri 2, 4, 6, 8, figura 6, è situato il rango superiore di sei catene. Un simil quadro si trova ancora due volte sui due piloni pei due ranghi di tre catene ognuno. Ciascun cilindro, il cui asse si può muovere in un cuscino di metallo, ha un diametro di 12 pollici. I cilindri che portano le 24 catene hanno una lunghezza di 15 pollici, e quelli che sostengono le dodici catene, hanno 9 pollici di lunghezza. Gli assi di tutti questi cilindri sono situati in curvilinee, fig. 9, che corrispondono alla direzione delle catene di sospensione ed a quella delle catene di ritenzione. Tutto è coperto da un letto di muratione.

La via della travata di mezzo è sospesa a queste 36 catene, composte di catenoni lunghi 8 piedi e 9 1/2 pollici sopra 5 pollici di altezza ed 1 di spessore. La sezione è dunque di 5 pollici quadrati e la sezione generale di tutte le catene, di $5 \times 36 = 180$ pollici quadrati. Lo spessore delle catene di ritenzione è di 1 pollice e 1/2; così la sezione generale è di $7{,}5 \times 36 = 270$ pollici quadrati. I catenoni ad orecchie rotonde sono uniti uno all' altro con anelli, fig. 7, ciascun pajo de' quali è attraversato da due cavicchie del diametro di pollici 2 3/8 e munito da una parte d' una testa poligona e dall' altra d' una vite a dado. Ogni anello di rannodamento ha una lunghezza di pollici 15 1/2 e lo spessore di un pollice. Ciascun pajo di questi anelli ha un foro per ricevere una cavicchia di ferro del diametro di due pollici, a cui è attaccato il sospensorio, col mezzo di un anello *b*, attraversato da una seconda cavicchia *e*, fig. 7. Le catene dell'ordine superiore *c* sono situate nello stesso piano verticale dei ranghi inferiori *d*, fig. 5, e fig. 7; questa è la ragione per cui i sospensorj *f*, fig. 7, attaccati alle prime linee di catene non potevano essere sospesi verticalmente, quando non si fossero attaccati agli anelli, fig. 5, Tav. R. e fig. 7, Tav. V; due regoli *f*, *g* fig. 5, Tav. R che lasciano un intervallo per cui attraversa una linea di catene; sotto questa linea due regoli sono trapassati da una cavicchia *h l*, onde sostengono la parte inferiore *m* d' un sospensorio.

L'area del ponte ha una larghezza di piedi 33 1/2, dei quali 21 1/2 sono destinati alla via delle vetture, e 6 a ciascun lato per un marciapiede. La deflessione o il seno verso delle catene della travata di mezzo sta a tutta l'apertura come 1 a 20.

Le catene di ritenzione servono a metà della loro lunghezza come catene di sospensione, ed a metà come portanti il corpo o la via del ponte, la qual disposizione è finora sconosciuta, ed è rappresentata dalla fig. 1, Tavola V. Per eseguire questa ultima costruzione, si è messo sopra le catene *a*, *a* figure 4 e 5, Tav. R (rappresentate al rovescio, onde bisogna capovolgere la tavola) una specie di cassone di ghisa *b b*, trapassato da una cavicchia *c* che lega un pezzo di ghisa *d* che inchiava il suolo trasversale *f* col mezzo di due morse *e e* fuse con questo pezzo. Su questi suoli di quercia è situato il tavolato *h* il cui primo strato di tavoloni è coperto di un feltro inzuppato di catrame e di pece. Sotto l'area del ponte, cioè sotto i suoli, sono tesi de' puntelli che s'incrociano e sembrano di ferro; si attaccano essi ai suoli trasversali col mezzo d'impiagature.

Per dare maggiore stabilità alla via del ponte, mentre ci passano le vetture, si è elevata a ciascun lato un' opera ad ascialloni verticali *a* fig. 8, Tav. V, di ghisa con gambe di forza *b*. In questa figura si rappresenta con *c, c, c,* la parte inferiore dei sospensori; e in qual modo attraversano i suoli trasversali *d, d.* Le catene d' attacco *c, d*

fig. 3, sono ritenute dalla piastra di fermaglio in ghisa *a b*, nella quale sono ineastrate le grosse eaviechie *g*, *h* col mezzo di euseinetti *e*, *f*. Queste caviechie, del diametro ognuna di 6 pollici, sono adunque ritenute da due grandi piastre di fermaglio, la larghezza delle quali sorpassa quella di tutte le catene d'attacco che sono situate in una galleria a volta in ciascuna coscia.

Le lincc delle eatene di sospensione del ponte di Hammersmith furono messe a sito sopra canapi tesi fra i due sostegni. A tale effetto s'impiegavano due argani situati e fissati sulla riva. Il canape fu dapprima unito ad un catcnone di rannodamento sopra i detti cilindri e tenuto dalle catene di ritenzione. Situate le catcne e attaccati ad esse i sospensorj, eol mezzo di questa specie di pontc di servigio, fatto dai canapi e da uno strato di tavole, si distrusse questa specie d'impalcatura. Ogni catenone fu sperimentato prima che fosse impiegato. Questo ponte si pretende che abbia costato 80000 lire steriline, eorrispondenti presso a poco a 900000 fiorini di nostra moneta (di Baviera).

Notizie sui tre ponti sospesi costrutti a Pietroburgo, sotto la direzione di S. A. R. il Duca Alessandro di Wurtemberg, dal Generale de Traitteur.

Osserveremo tre dei ponti costrutti a Pietroburgo, approfittando delle nozioni che S. A. R. il Duca di Wurtemberg ebbe l'estrema eompiacenza di donarmi, e di quelle che si trovano nell'annuario del corpo degl'ingegneri delle vie di eomunicazione dell'Impero russo, e finalmente delle eognizioni comunicatemi dalla bontà di M. de Traitteur.

Il Ponte Egizio, Tav. X, fig. 1, destinato al passaggio delle vetture e dei pedoni, fu eominciato nel 1825 e terminato il 22 Agosto 1826. La sua larghezza è piedi 35 inglesi, ed è gettato sopra la Fontanka. Trc corpi di catcne di sospensione, ciascuno di due linee, toccano immediatamente il mezzo della via del ponte. La deflessione e scnoverso di queste catenarie è $\frac{1}{10}$ dell'apertura del ponte, che è 180 piedi, intendendo sempre per apertura la distanza fra i due punti ove le catene di sospensione si rannodano a quelle di ritenzione. Le catene poggiano sopra sei colonne egizie, tre ad ogni estremità del ponte. Ciascun rango di tre colonne è tenuto verticalmente dalle gambe di ghisa. Una trabeazione egizia unisce queste ultime e la copertura delle colonne, eontenente ciascuna tre earri o casse, fig. 2 e 5, trapassate da una cavicchia di ferro *a*, fig. 2; che io chiamo cavicchia di rannodamento, perchè forma il punto di congiunzione delle due linee delle catenc di sospensionc con quelle delle catene di ritenzione. Questo carretto è mobile su tre cilindri *c*, *e*, *c* fig. 5, i cui assi sono uniti da due barre, una delle quali si vede in *d e*, che legano questi cilindri col mezzo de'loro assi, e non hanno altro scopo che di tenere i cilindri a distanze eguali. Una forte piastra unisce, da ciascuna parte del pontc, i capitelli delle tre colonnc ed i contrafforti; serve essa di base ai tre carretti mobili e compone una specie di architrave. Tutto ciò è di ghisa, e l'esterno è decorato in stile egizio. L'interno dei contrafforti è pieno di muratura per dare maggiore stabilità a tutti questi sostegni delle eatene. Di più le cornici egizie servono a guarentire le casse mobili dall'azione dell'atmosfera. Foglie di banda coprono questi due portici egizj, de' quali i principali ornamenti sono dorati a fuoco, e tutte le parti di ghisa ricoperte d'una vernice a bronzo antico.

La sezione d'una catena di sospensione del ponte egizio è di 4 pollici quadrati, sicchè la sezione di tutte queste catene non è che $4 \times 6 = 24$ pollici quadrati, misura inglese. Gli anelli hanno una lunghezza di 5 a 7 piedi e 4 pollici di altezza. Le catene di ritenzione e di attacco di una sezione di 7 pollici quadrati si prolungano secondo una inclinazione e linea retta nella muratura delle due sponde in granito, fondate ed erette con tutta cura. La sua piastra di fermaglio, lunga circa 4 piedi sopra 3 in 5 pollici di spessore, è di ghisa e trattenuta da tale murazione. La parte di catene rinchiusa nella massa di granito è investita di un tubo di ghisa il cui vuoto fu riempito da una mistura di cera e catrame per preservare il ferro dall'umidità e dalla ruggine. Vediamo che la grossezza della sezione di tutte le sei catene d'attacco è di 42 pollici quadrati, quindi 18 pollici più grande di quella delle catene di sospensione; e tale disposizione merita d'essere imitata per aumentare la resistenza delle prime; e fu applicata anche da Telford ai ponti di Menai e di Conway. Ma ciò che ha gran merito nella costruzione del ponte egizio di Pietroburgo, è specialmente la congiunzione delle catene, fig. 3, tav. X. I membri delle catene sono composti di anelli, e si sono evitati gli anelli applicati nel modo comune. Una linea di anelli *a*, fig. 2, è attaccata all'altra con una cavicchia di ferro *n*. Siccome le due linee di catene *a* e *b* sono poste una presso l'altra, le due cavicchie quasi si toccano. Fra due linee di catene è attaccato il sospensorio *k*, che sorpassa colla sua testa una piastra di ghisa *h l i m*, che ricopre tutto il rannodamento degli anelli di due linee di catene. La parte superiore d'un sospensorio si muove in un emisfero, fig. 3, incavato in questa piastra, la quale ha un foro rotondo, quasi del diametro del sospensorio che è fissato col mezzo di una vite a dado formante la sua testa, e con cui si può regolare la lunghezza dei sospensorj. Ciascuno di questi ultimi termina al basso con una inforcatura che rinchiude i suoli longitudinali in ferro alti pollici 3 sopra uno di spessore. Regolata la lunghezza del sospensorio, il suolo è intromesso nell'inforcatura, e ritenuto da una chiave passante nelle due braccia della forchetta.

Tre ranghi de' suoli suddetti portano travi passati trasversalmente e distanti 5 piedi da un mezzo all' altro: I suoli si adattano immediatamente alle estremità dei sospensorj, e i travi oltrepassando i due ranghi esterni di sospensorj hanno la lunghezza necessaria ai marciapiedi (che pure sono alti fuori di questi ranghi), alle balaustrate ed alla parte del ponte destinata per le vetture. Le balaustrate sono isolate da tutti i corpi di catene, perchè i marciapiedi sono collocati fuori delle due linee esterne dei sospensorj: distribuzione che merita tutta l' approvazione; perocchè in tal modo i carichi passanti sul ponte sono assai convenevolmente distribuiti. Sopra le travi, le cui teste sono coperte ad ogni parte del ponte da una forte cornice di legno, posano due ranghi di tavoloni il primo de'quali, fu impeciato e incatramato perchè l'umidità non s'insinuasse nel corpo del legname. L'arca del ponte, ove serve al carreggio, è formata da sei rotaje di quercie inchiodate fortemente sui travi e sul tavolato per guarentire i sospensorj dall'urto delle vetture, e per aumentare la stabilità del legname della via del ponte, che è anche molto ingrandita, perchè le due estremità di questo tavolato sono impostate in incavature tagliate nel granito della sponda. Il corpo del ponte fa un arco la cui freccia sta all'apertura come 1 a 30. Otto grossi termini di ghisa situati ove le catene di ritenzione escono dalla fondazione, preservano queste ultime dall'urto delle ruote.

Il ponte egizio di Pietroburgo non è costato che 180000 rubli (90000 fiorini, circa 100000 franchi) comprese le cosce e le sponde in granito, i bei portici di ghisa, gli ornamenti dorati e le quattro sfingi di ghisa che sono di un gran merito. Non si fanno esse osservar meno per l'elegauza delle forme che per la finitezza dell'esecuzione, e poggiano su piedestalli dello stesso metallo e sono fusi in un getto solo. L'utilità di questo ponte è grande, e se ne ha una prova dell'essersi erette quasi per incanto venti case di pietra nei dintorni di esso nella breve durata dei lavori, e dopo, il numero aumentò ancora.

Notizie sul ponte sospeso, gettato sul canale di Caterina, detto dei Quattro Leoni.

Questo ponte, fig. 2, tav. Y, destinato ai pedoni, fu cominciato nel Giugno 1825 e compiuto nell'Agosto 1826, e l'apertura di esso è piedi 77 inglesi. La saetta inversa della catenaria è 5 piedi; e il tavolato 7 piedi di larghezza. Due sole catene rotonde, una per parte, del diametro di pollici 1,896, sostengono il corpo del ponte; escono esse dalla gola di quattro leoni di ferro fuso, ciascuno in due pezzi sottilissimi, formanti la spoglia di questo animale, la sua testa e le sue gambe. L'interno di ogni leone è formato in parte da un quadrante di ghisa, simile a quello del ponte della Posta sulla Moika. Questo quadrante costituisce il sostegno della catenaria. Per darne un' idea al lettore, ho fatto punteggiare nella veduta del ponte stesso, fig. 2, uno dei quadranti colle sue gambe di forza, e il pezzo verticale che sostiene immediatamente il punto di rannodamento di una catena di sospensione con quella di ritenzione. Queste linee punteggiate indicano presso a poco questo quadrante e le sue parti, di cui il pezzo verticale passerà per la gamba del leone, e quindi per la cassa che forma il piedestallo che sarà unito con gran piastra di ghisa, formante, a parer mio, il coperchio di detta cassa. La catena di ritenzione, del diametro di pollici 2,29, sarà collocata o in un' incavatura di questo segmento di cerchio o entro parti fuse con questo pezzo curvo. Il sedimento di questa catena è probabilmente formato con una lamina di piombo, nel luogo cioè ove esercita una pressione sul quadrante. La catena d'attacco attraversa forse la cassa sulla quale si troverà la piastra A di fermaglio, chiusa nella muratura di granito. Dal punto in cui la catena di ritenzione abbandona i leoni per entrare nella cassa, va in un tubo di ghisa i cui interstizj sono empiti di cera e di catrame. Per aumentare il peso e la resistenza del piedestallo si è empiuta questa cassa con una muraziono.

La fusione delle due metà esterne di ciascuno dei quattro leoni, le quali coprono il quadrante, era, secondo l'annuario citato, un'operazione per sè stessa difficile, ma tanto più complicata nel caso presente, in quanto che fu d'uopo adattare queste due metà colla maggiore esattezza e saldarle insieme. Malgrado la difficoltà, quest' operazione è stata eseguita con tal cura, che è difficile rimarcare la linea di congiunzione.

Le catene di sospensione sono composte di anelli di 5 a 7 piedi di lunghezza. Gli orecchini, fig. 6, tav. X, sono formati di due maglie ovali; questi e le orecchie dei due anelli sono infilate da due caviechie. Nel mezzo di questa congiunzione delle catene è attaccato il sospensorio munito di una testa che posa sui due orecchioni. Il diametro di un sospensorio non è che 5/8 di pollice; esso è del pari rotondo. Le dette catene si avvicinano, secondo l'annuario, sei pollici al tavolato nel mezzo della curva;

il che lascia la facilità di rimontarla in ogni tempo quando lo esigono le circostanze. Questa disposizione era indispensabile alla navigazione, acciocchè le barche le quali passano ora sotto i ponti di Voznecensky e di Harlamoff potessero anche passare collo stesso carico sotto il ponte dei quattro leoni. Questa è la ragione per cui si dovette dare alla via del ponte una forte curvatura che sarà $\frac{1}{18}$ dell'apertura fra le due rive, che è di 70 piedi. Le estremità del tavolato sono innestate nella murazione di granito, specialmente i due travi che coprono i due fianchi del tavolato che sono visibilmente curvati. Fra le travi trasversali sono applicati dei puntelli incrociati, e il palco è formato con due strati di tavoloni e inchiodato fino alle travi. Le balaustrate sono separate dal corpo delle catene; esse formano un insieme elegante coi pali delle lanterne a riverberi parabolici, situati sul mezzo del ponte e sopra le balaustrate. La località non permise di elevare la via del ponte sul livello dell'inondazione del 7 Novembre 1824; si è quindi disposto sovr'essa un carico di 650 chilogrammi perchè in caso di una nuova inondazione non potesse essere sollevata.

Traitteur valuta il termine medio delle persone che passano quotidianamente su questo ponte a quattromila, e nei giorni di spettacoli, l'affluenza dei passeggieri dev'essere anche più considerevole.

Notizie sul ponte dei quattro Grifoni gettato sul Canale di Caterina

Questo ponte sospeso, fig. 1, tav. Y, destinato all'uso dei pedoni non differisce da quello dei quattro leoni che negli ornamenti. Il corpo di ogni grifone è fuso in due pezzi come i lioni del ponte suddescritto, e nell'interno hanno lo stesso quadrante di ghisa che forma il sostegno. Fu cominciato nel 1825 ed aperto nel 1826. L'apertura di esso è piedi 70 1/2; l'apertura fra i due punti di rannodamento è piedi 77, e la freccia delle due catene di sospensione sta all'apertura come 1 a 13. Queste catene rotonde fanno pollici 1,556 di diametro; sono tesi a distanze di 5 ai 7 piedi. La larghezza del tavolato è di 7 piedi. Il rannodamento delle catene è lo stesso che nel ponte de' quattro leoni.

I piedestalli di ghisa su cui poggiano i grifoni, dice l'annuario, sono pezzi di gran merito, essendo fusi in un getto solo. Ma independentemente da questa considerazione bisogna rimarcare ancora che sono di maggior utile per la solidità; servono essi di base ai sostegni e di rivestimento ai contrappesi di murazione, di cui aumentano il carico ed ai quali danno una forma elegante e piacevole all'occhio. Questi grandi pezzi di ghisa hanno ciascuno un volume di 104 piedi cubici, cioè piedi 8 1/2 di lunghezza, 3 1/2 di altezza e 3 1/2 di larghezza. L'elevazione dei punti d'appoggio sulle faccie superiori dei piedestalli è piedi 6 1/2. Ciascuno di questi prismi pesa 112 pouds, ossia 4480 libbre russe, e 1823, 36 chilogrammi.

Finalmente osserveremo che Traitteur non prese nel calcolo del progetto di questi tre ponti che 8 tonnellate per ogni pollice quadrato del ferro, e che tutte le parti di ferro e di ghisa, come i lioni, i grifoni ed i piedestalli sono usciti dalle officine di Baird, fonditore espertissimo, a cui queste opere fanno tanto onore quanto la modicità del prezzo pel quale le ha fornite.

Si presentano immediatamente all'ingegnere varj miglioramenti di costruzione in questi due ponti, quando conosce quella del ponte di Pantaleimon e della Posta e quella degli altri tre ponti eretti a Pietroburgo de' quali si tratta in questa Memoria. 1.° Il

rannodamento delle catene nel ponte egizio è oltremodo semplice e fa risparmiare gli anelli e almeno la metà delle cavicchie. — 2.° La divisione delle catene in più ranghi, due linee de'quali nei grandi ponti non fanno che un sol corpo, è una disposizione essenziale tanto per la stabilità del corpo del ponte, quanto per la resistenza delle catene di sospensione e per la divisione del peso che è portato da queste catene. — 3.° La grandezza della saetta che si è data alla via in tutti questi ponti è utile per aumentare la stabilità della via e per diminuire l'effetto pernicioso che potrebbe avvenire quando le catene di un'area quasi orizzontale avessero ad abbassarsi. — 4.° Le catene di sospensione sono state poste in modo che il mezzo di esse si avvicina più che sia possibile alla curva del tavolato. Con questo mezzo si sono diminuite le oscillazioni nel corpo del ponte o nella via — 5.° In quanto ai piccioli ponti di 70 ad 80 piedi d'apertura, si sono incastrate le travi curvate che coprono il tavolato, nella murazione delle cosce. Questo mezzo, unitamente ai puntelli messi sotto il tavolato ha fortificato il corpo dei ponti dei quattro lioni e de' quattro grifoni, in tal modo che le catene sostengono molto meno di quello che se tali strutture si fossero omesse. Traitteur tentò pure di dare alla via del ponte tutta la possibile stabilità, perocchè l'abbassamento di una parte dell'area del ponte produrrebbe l'innalzamento dell'altra. Da ciò risulterebbe un movimento nei sospensorj e nella catenaria, che aumenterebbe per parte sua la vibrazione della via del ponte. Ecco le osservazioni che per tale oggetto si trovano nel detto annuario: « Quando il tavolato non forma che una massa sola, il minimo urto, la più picciola scossa, si comunica a tutto il sistema di legname e si ripartisce egualmente su tutti i punti, e rende nullo qualunque movimento accidentale. » Tutto ciò ed i furiosi uragani che investono le catene e la via del ponte di Menai, mi decisero a proporre un pavimento sul marciapiede di questo ponte e l'impiego dei puntelli sotto il tavolato di esso. — 6.° Il sistema di rivestire le catene di ritenzione e d'attacco applicato a questi tre ponti è una miglioria nel caso che un corpo di catene non consista che in due o tre catene, e quando l'origine di esse non può essere situata che in un terreno estremamente umido od anche nell'acqua, o se non si possa di tempo in tempo esaminare lo stato di questa parte di catene. Nondimeno non s'impiegherà questo mezzo che in caso di bisogno, perchè la parte delle catene d'attacco, così rinchiusa in un tubo, perderà la sua elasticità. — 7.° L'isolamento delle balaustrate da tutti i sospensorj sarà doppiamente utile ove dominano le burrasche, perchè il movimento del tavolato non può essere tanto forte quando quello delle balaustrate non influisce sulla vibrazione delle catene. — La posizione dei due marciapiedi del ponte egizio fuori dei due ranghi esteriori de' sospensorj ripartisce il peso passeggero a ciascun lato d'un corpo esteriore di catene, il che solleva i corpi o il corpo di mezzo di esse.

Traitteur proponendo questi ultimi tre ponti prese per resistenza del ferro, senz'allungarsi, 8 tonnellate (8128 chilogrammi) ogni pollice quadrato, misura inglese; benchè avesse determinato questa resistenza a 12 tonnellate nel suo calcolo relativo ai ponti di Pantaleimon e della Posta; e sebbene il ferro di tessitura granosa, di natura aspra e fragile, resiste dietro i saggi fatti da questo ingegnere, ad un carico di 14 tonnellate (14224 chilogrammi) senz'allungarsi, mentre i migliori ferri di Russia, teneri, che presentano la maggior sicurezza in questo genere di costruzioni, s'allungano già sotto un peso di 11 tonnellate ogni pollice quadrato.

Quest'ingegnere ebbe la bontà di eomuniearmi i risultati del suo ealeolo sui ponti de' quattro lioni e dei quattro grifoni e sul ponte egizio. Sono essi interessanti in modo ehe ne faccio inserire il quadro in questa Memoria, nel quale aggiungo i risultati ehe si trovano nell'opera di Traitteur sui ponti di Pantaleimon e della Posta, avendo ridotti i *pouds* in ehilogrammi; ritenendo ehe un poud russo è 40 libbre o 16,26 chilogrammi.

	Numero delle linee di catene di sospensione	Peso permanente, cioè delle catene, dei sospensorj e della via del ponte	Peso passeggero prendendo tre piedi quadrati per un uomo a 55,04 chilog.	Peso totale	Massima tensione delle catene di sospensione con cui possono resistere senz'allungarsi	Tensione di queste catene sui sostegni	Tensione delle catene di ritenzione con cui esse possono resistere	Forza verticale sui sostegni	Peso che deve avere ciascuna coscia secondo il calcolo	Peso del massiccio che gravita sulle piastre di fermaglio	Nell'ipotesi di 8 tonnellate per ogni pollice quadrato inglese: Per la sezione delle catene di sospensione	Pel diametro di esse	Per la sezione dei sospensorj	Pel diametro di ogni catena	Il diametro dà in effetto	Per la sezione delle catene di ritenzione	Il diametro d'una di queste catene è
	In chilogrammi					*In chilogrammi*					*pol. q.*	*poll.*	*pol. q.*	*poll.*	*poll.*	*pol. q.*	*po ll.*
2 a)	9496	12183	21679	46234	44400	66658	60416	113088	66658	5,644	1,896	2,574	0,36	578	8,266	2,294
2 b)	8488	11242	19730	30812	28981	40490	38572	97568	40490	3,775	1,550	5,380	0,34	578	5,020	1,786
10 c)	81397	93983	175380	252188	319382	235817	299982	252188	235817	13,12				1 1		2,000
6 d)	105690	117072	222762				*Questi fatti mancano*										
4 e)	8780	18146	26926	58771	78059	86422			86422					578	7,08	2,000	

Nel ealeolo sui ponti di Pantaleimon e della Posta sono ammesse 12 tonnellate ogni polliee quadrato. Pei sospensorj del ponte di Pantaleimon si prende una sezione di 13,12 pollici quadrati inglesi, mentre ne presentano una di polliei quadrati 106,65. Quest'eeeesso vi è stato dato per aver riguardo alle seosse risultanti dal passaggio delle vetture. Seeondo il ealeolo, le eatene di sospensione dovrebbero avere una sezione di 20,55 polliei quadrati, ma esse hanno una sezione di polliei 27,58. Ammettendo soltanto 8 tonnellate per polliee quadrato si avrebbero 31 pollici quadrati. Nondimeno i catenoni hanno resistito ad ogni avvenimento. Io credo ehe si possa essere sieuri prendendo la resistenza di un ferro buono di 11 tonnellate eome ha fatto Telford, ogni polliee quadrato inglese, eioè ehe il ferro non si allunga per tale tensione. La maggior sieurezza risulterebbe dall'ammettere 10 tonnellate o 10160 chilogrammi ogni polliee quadrato di sezione d'una eatena o di un sospensorio.

I einque ponti sospesi eretti a Pietroburgo, le chiuse ed altri lavori importanti sul canale di *Ladoga*, il grande serbatojo di *Zavodsk* a *Vychni-Volotschok*, le ehiuse sulla *Tvertsa* e sulla *Msta*, il eanale di *Tikhvine*, quello di *Marie*, quello di *Alessandro di Wurtemberg*, quello di *Svire* e di *Siass*, quello di *Vindau* e d'*Oguinsky*, quello della *Berezina*; i lavori pel miglioramento dello stato navigabile dei fiumi; della *Soukhona*, della *Dvina*, del *Volga*, dell'*Oka*, della *Moskva*, della *Tsna*; l'aequidotto di Mosea; la nuova eomunieazione tra il *Volga* e la *Moskva*; il porto di *Libau*; la fondazione del forte *Cometa*; il miglioramento della *Dvina occidentale* alle eateratte di *Kokenhousen*;

a) Ponte dei quattro lioni. *b*) dei quattro Grifoni. *c*) del Pantaleimon. *d*) Egizio. *e*) della Posta.

i ponti ad arcate formati di centine a curve, i ponti di pietra e di ghisa, a *Novgorod*, a *Narva*, a *Lubani*; quello di *Babina*, di *Tosna*, di *Volkhocetz*, come pure un gran numero di ponti eretti sui fiumi e sui canali; la novella strada fra Pietroburgo e Mosca, e quella fra *Valdai* e *Torjok*, e finalmente molti altri lavori eseguiti con buon successo sotto la direzione del duca Alessandro di Wurtemberg sono prove convincenti che questo grande amministratore ha l'arte di scegliere i talenti e le cognizioni degl'ingegneri. Questo principe non risplende soltanto per opere isolate, ma estese con eguale favore i suoi sguardi al perfezionamento delle vie di comunicazione, e con tale andamento ha prodotto il ben essere in ogni classe della società. Egli ha creato il corpo degli ingegneri delle Strade e dei Ponti, la scuola d' istruzione per gl' intraprenditori e pei capi operaj, ha migliorato quella degl' ingegneri che aspiravano a servire in questo corpo ov' egli non ha messo disegnatori e faccendieri di prima classe, privi di cognizioni reali e calunniatori degli uomini di merito. Questo principe ha messo la direzione Generale dei lavori pubblici sulla via de' perfezionamenti tanto nella gestione come nell' esecuzione delle imprese che sono di una utilità superiore. Tutti questi lavori di eminente utilità, alcuni de' quali sono stati da noi indicati, sono stati eseguiti senz' applicarvi servitù, con piccole somme. Pagando tutti i materiali, tutte le manualità ed il carreggio ec., in danaro; il dipartimento delle vie di comunicazione non spese ancora annualmente in tutto l' Impero di Russia, il quadruplo di quello che il Regno di Baviera ha speso all' anno, negli ultimi tempi, pe' suoi lavori pubblici. Con una somma sì piccola per uno Stato così vasto fu anche salariato il corpo degl' ingegneri, pagati i loro lunghi viaggi e le loro commissioni, relative alla formazione delle carte idrotecniche, dei progetti fondati su ricerche locali, fra gli altri di quelli per la congiunzione del Volga col Don, per la determinazione di una linea telegrafica fra le due capitali; pel miglioramento delle cateratte di *Jampol* sul *Dniestre*, per la comunicazione fra il *Cyrus* ed il *Phase* ec., Finalmente con questa somma si è pagata la costruzione dei grandi edifici destinati alla scuola degl' intraprenditori e dei capi operaj, eseguita in Pietroburgo, ed alla manutenzione delle scuole per gl' ingegneri e pei capi operaj.

Sua Maestà l' Imperatore ha sovente riconosciuto l' infaticabile premura del duca Alessandro di Wurtemberg, in tutto ciò che può ingrandire l' industria nazionale dell'Impero di Russia. È noto il favore che questo monarca ha sempre accordato alle grandi ed utili imprese; un solo fatto basterà per convincere di quanto asserisco. L' imperatore in un rescritto del 20 Dccembre 1829, diretto al duca, si espresse in tal modo: « Il rendiconto dell'Agenzia Generale delle vie di comunicazione, ch' io ricevetti da Vostra Altezza Reale, contiene i dettagli più soddisfacenti sulle operazioni e sui lavori di quest'agenzia in tutti i rami che la compongono. Io veggio con ispeciale riconoscenza, che dietro le disposizioni di V. A. i lavori considerevoli a cui costrinse lo stabilimento delle comunicazioni nuovamente intraprese per terra e per acqua, sono stati eseguiti nel corso di quest'anno con tutto il successo desiderabile. Si sono operati importanti miglioramenti nel sistema delle comunicazioni esistenti, togliendo gli ostacoli naturali che incagliarono finora la libera navigazione di alcuni fiumi. In pari tempo diverse ricerche atte ad aprire nuove vie all'industria nazionale ed a perfezionare le varie istituzioni che dipendono dall'Agenzia generale, sono state praticate con quell'attenzione illuminata e scrupolosa esattezza che distinguono tutte le operazioni e tutte le intraprese di V. A. R.

nella parte a Lei confidata, ed io adempio ad un dovere assai per me aggradevole, testificando a V. A. R. la mia completa riconoscenza pei lavori infaticabili, per la sollecitudine e premura ch' Ella non cessa di consacrare al bene dell' Impero, assicurandola d' altronde della mia costante considerazione. »

Questa lettera è una prova eminente che l' Imperatore Nicolò cammina sulle orme di Pietro il Grande e d' Alessandro, apprezzando così grandemente i lavori pubblici della maggiore utilità per la felicità del popolo e per la gloria dell' Impero e pel ben essere di tante nazioni sottomesse al governo di questo monarca. È dunque a prevedersi un aumento di fondi nell' Amministrazione dei lavori pubblici appena le circostanze lo permetteranno. E il miglioramento delle comunicazioni in sì vasto Impero, le opere per salvar Pietroburgo dalle inondazioni, le correzioni dei fiumi per migliorarne lo stato navigabile, e per diseccare le grandi paludi, esigeranno ancora de' grandi mezzi.

CONCHIUSIONE DI QUESTA MEMORIA

Un'esposizione generale delle parti essenziali di tutti i ponti sospesi a catene di ferro, i più interessanti fatti in Europa fino all'anno 1832, dev'essere di grande interesse per gl'ingegneri e tutti coloro che amano istruirsi. Ho dunque raccolti quanti materiali ho potuto procurarmi, ed ho fatte replicate ricerche per essere sicuro del quadro seguente. I ponti più grandi e più interessanti sono stati eseguiti in Inghilterra ed in Russia, e benchè il ponte in faccia agl'Invalidi a Parigi non sia del tutto riuscito, è compreso in questo quadro, perchè il progettante di esso, Sig. Navier è riconosciuto come ingegnere dottissimo. In quanto ai ponti di Pietroburgo sono informato che gl'ingegneri russi adoprano oltre la misura russa, anche l'inglese, e che Traitteur ha adottato nell' opera sul ponte di Pantaleimon il piede inglese e non quello di Francia. Chi possiede la mia opera sull'Architettura civile riguarderà adunque questo quadro come il risultato di tutte le mie ricerche.

Ponti disposti secondo l'epoca in cui furono cominciati. Sono essi quasi tutti descritti nel tomo VII della mia Architettura civile e in questa Memoria. Gli * indicano che le date sono ignote all'autore		Il mezzo dei due sostegni è distante uno dall'altro	La saetta inversa della catenaria è	Questa saetta sta in rapporto colla distanza dei due punti di rannodamento, le catene di sospensione con quelle di ritenzione.	Numero delle linee di catene di sospensione	Numero di queste catene che compongono un corpo	Numero dei sospensori in una sezione trasversale del ponte	Numero delle linee di catene situate una sull'altra ed a piccoli intervalli	Catenoni di sospensione, detti anche anelli o maglie, compresivi gli anelli stessi			Lunghezza degli anelli d'unione o di rannodamento	Catenoni di ritenzione e di fermaglio		Sospensorj		Catene d'imbrigliamento o catene di rovescio		Numero dei catenoni in ciascuna linea di catene di sospensione	Larghezza dell'area del ponte o della via	Apertura del ponte fra le due coscè o rive	Numero dei sospensorj in tutta la costruzione	Superficie del tavolato in metri quadrati	Ciascun sospensorio porta metri quadrati del tavolato
									Lunghezza media	Altezza	Spessore		Di una sezione Altezza	Di una sezione Spessore	Di una sezione Altezza	Di una sezione Spessore	Altezza	Spessore						
Misura inglese		*piedi*	*piedi*	1 a					*piedi*	*pollici*		*pollici*			*pollici inglesi*					*piedi*	*piedi*		*metri quadr.*	
P. di Dryburg per i pedoni	In Inghilter.	277	22 1/2	12,39	4	2	2	0	9 3/4	1 1/2	(a)	9	1	1	1/2	1/2			incognito	10	240	40	225	4,50
P. sul Tweed	In Inghilter.	426	25	17	12	6	2	3	14	2	2	11	2	2	1 1/5	1 1/5			36	21	360	146	715	4,90
P. fuso in Inghilterra per l'isola Borbone	In Inghilter.	131	6 3/10	20	6	2	3	2	7 1/2	1 4/12	(a)	2	1 4/12	1 4/12	1 1/2	1 1/2	1 1/8	1 1/10	26	20	118	75	216	2,88
P. sullo Stretto di Menai	In Inghilter.	572 7/10	40	14,32	80	20	4	4	10	3 1/4	1	18	4	1 1/2	1	1			57	28	550	444	1336	3,00
P. di Conway	In Inghilter.	327	22 1/3	15	8	4	2	2	10	3 1/4	1	19	4	1 1/2	1	1			41	14	317	160	393	2,45
P. di Hammersmith	In Inghilter.	400	21	20	36	9	4	2	8 9/10	5	1	15 1/2	5	1 1/2	1	1			46	33 1/2	400	756	1030	2,890
P. della posta pei pedoni	In Pietroburgo	115	6 7/12	17,4	4	2	2	0	5 9/12	1 3/8	1 3/8	3	1 3/8	1 3/8	5/8	5/8			19	10	112	36	111,3	3,210
P. di Pantaleimon	In Pietroburgo	133	13,99	9,51	10	2	5	0	4 6/10	1 7/8	1 7/8	2	2	2	1	1			28	42	119	135	429	3,170
P. dei quattro lioni pei pedoni	In Pietroburgo	77	5	15	2	1	2	0	6	1,896	1,896	6	2,229	2,229	5/8	5/8			14	7	70	26	43	1,499
P. de' quattro grifoni pedoni	In Pietroburgo	70 1/2	6 7/12	13	2	1	2	0	6	1,55	1,55	6	1,78	1,78	5/8	5/8			14	7	63	26	39	1,50
Ponte Egizio	In Pietroburgo	180	18	10	6	2	3	0	6	4 poll. quadrati		0	7 poll. quadrati		1	1			28	35	170	84	566	6,70
P. sulla Senna a Parigi, la cui riparazione fu abbandonata		524	36	14,56	36	18	2	3	16 1/2	3	1 1/2	15	3	1 1/2	1 1/2	1 1/2	Senza catene d' imbrigliamento		32	31	494	364	1425	3,914
P. di Sofia a Vienna pei pedoni		246	17	13,6	16	8	2	2	10	2	1	18	2 1/2	1 1/6	1	1			23	16	233	90	325,67	3,608
P. sul Lahn presso Nassau		230 1/2	14 2/3	16	16	8	2	2	7 2/5	2 3/5	1	10	2 3/5	2	1	1			27	24	225	216	505,45	2,342

Terminando questa Memoria esporrò un riassunto delle massime che si devono considerare nei progetti dei ponti sospesi, le quali risultano dalle sperienze somministrate dai ponti già eseguiti: 1.° Se il ferro è di buona qualità in modo che una barra la cui sezione sia un pollice inglese, resista ad un peso minore di 11276 chilogrammi (11 tonnellate) senz'allungarsi, nel calcolo si possono adottare 10160 chilogrammi (10 tonnellate). Bisogna sperimentare tutti i catenoni ed i sospensorj prima di servirsene.

2.° Per determinare la sezione di tutte le catene di sospensione bisogna anche calcolare il peso permanente e il passeggero, e dividere questa somma per 10160. Dal riparto del prodotto nel numero delle linee di catene che si pensa applicarvi, risulterà la sezione di ogni catena in pollici quadrati.

3.° Determinando la sezione di tutti i sospensorj fa duopo conoscere il carico permanente del corpo del ponte, e il carico passeggero, e dividere 10160 per la somma. La fissazione del numero delle catene e della lunghezza di ogni catenone determinerà il numero dei sospensorj, il quale è da dividersi nella sezione totale per ricevere quella di un solo sospensorio. Secondo i migliori esempi non sorpasserà essa un pollice quadrato.

4.° I risultati di queste due massime debbono essere ingranditi secondo la grandezza dell' apertura del ponte, cioè secondo lo spazio fra il mezzo dei due sostegni e dei due rannodamenti di catene di sospensione con quelle di ritenzione; se p. e. quest' apertura oltrepassa 125 piedi, bisogna aumentare la sezione delle catene di sospensione sostituendo 9000 chilogrammi per ogni pollice quadrato, se l' apertura del ponte è di 600 piedi. Essi debbono essere più ingrossati se i venti soffiano impetuosi nelle vicinanze del ponte.

5.° Se la distanza fra due ranghi di catene e di sospensorj non oltrepassa i 12 piedi francesi, essa è quella che si dovrebbe fissare per la maggiore; e se il ponte non ha che questa lunghezza, e se l'apertura è di 100 piedi, si può limitare a due linee di catene ad ogni lato. Secondo la grandezza dell'apertura, s'aumenterà il numero delle catene. Prendendo per numero delle catene 6, 8 oppure 10, bisogna distribuirle in 3, 4 e 5 corpi o paja. La distribuzione dei corpi di catene in più grandi intervalli è di grandissimo vantaggio, perchè il peso permanente ed il passeggero sono allora distribuiti su molti punti di sostegno; tutte le linee di catene sono quasi del pari influenzate da questi carichi, ed è stabilito un equilibrio fra le catene di sospensione; sarà evitato ogni pericolo accadendo la rottura di una catena, e la riparazione si eseguirà facilmente. Nei ponti ove l' intervallo di due ranghi di catene supera i 12 piedi, bisogna in ogni caso distribuire in più linee i corpi di catene, in cinque p. e. se la lunghezza è 35 piedi, ed allora fa duopo porre i due corpi o paja di catene esterne ad intervalli di 5 piedi soltanto, e questi intervalli sarebbero destinati per due marciapiedi. Il ponte di Pantaleimon a Pietroburgo ne offre un esempio. Quando s' impiegano tre corpi di catene distanti fra loro 9 ai 12 piedi, si potranno collocare i marciapiedi fuori dei due ranghi esterni di sospensorj come nel ponte Egizio di questa città; e quando s'impiegano quattro corpi di catene si collocheranno i due corpi intermedj alla distanza di 4 in 6 piedi, e gli altri a 12 piedi inglesi. Il ponte di Menai serve d'esempio. Questa distribuzione dei corpi di catene ad intervalli di 4 fino a 12 piedi, anche se ciascuno è composto di più linee di catene in senso orizzontale e in senso verticale, è una delle prime regole di cui ho esposte le ottime conseguenze nella mia Architettura civile.

6.° I catenoni nella catenaria, lunghi sei piedi, sono sempre preferibili a quelli di maggior lunghezza; perchè questi ultimi diminuiscono il numero dei sospensorj nella catenaria, e formano col loro rannodamento una specie di segmento d'un poligono, e non una curva continua. Diminuendo il numero dei sospensorj, i carichi attraversanti il ponte affaticheranno di più i sospensorj e le catene. Il ponte di Pantalcimon offre di ciò un buon esempio. I catenoni rotondi sono anche preferibili ai quadrati. Alle catene di ritenzione bisogna dare una sezione maggiore di quella della catenaria, e i catenoni che si approssimano all' origine delle catene di fermaglio od ai sostegni, devono avere le orecchie oblungate per sollevare l' adattamento di queste catene. — La lunghezza dei catenoni nei sospensorj può essere da 1 fino a 10 piedi e 1/2. La prima basta pei sospensorj di mezzo.

7.° Le commessure dei catenoni nel ponte Egizio, nel ponte di Pantaleimon a Pietroburgo, nel ponte di Tweed ed all'imbarco di Lyth in Inghilterra, come pure in quello destinato all' Isola Borbone, sono da preferirsi. — Bisogna dare alle selle del rannodamento delle catene una superficie convessa come nel ponte di Pantaleimon, e questa curva deve corrispondere alla direzione della catenaria ed a quella delle catene di ritenzione. Queste selle debbono pure essere curvate quando sono situate nelle casse mobili, come nei ponti di Conway e di Menai. Il senoverso della catenaria può avere coll' apertura il rapporto di 1 a 10 fino ad 1 a 20. Essa deve quasi toccare nel suo mezzo il corpo del ponte per evitare il traballamento. — Le catene di retenzione debbono fare un angolo colla catenaria di 120 gradi almeno per sollevare i sostegni. Queste ultime catene debbono formare una linea continua, e quando sono lunghissime, bisogna reggerle con un sostegno intermedio come si è fatto nei ponti di Menai e di Conway. Dove si rannodano la catenaria e le catene di ritenzione non bisogna mai collocare più anelli, ma un solo catenone di una grossezza doppia almeno degli altri. Con questo mezzo si eviteranno i ristauri del punto di rannodamento; e per facilitare un picciolo moto in questa parte, fa d' uopo posare questi catenoni sopra una lamina di piombo. Le casse mobili sono preferibili alle selle fisse, e quando non s' impiegano che due linee di catene in un corpo, il rannodamento delle catene per mezzo di una forte cavicchia è preferibile. Il ponte Egizio ne presenta l' esempio. Finalmente le linee delle catene situate l' una sopra l' altra, debbono essere unite da barre di ferro, figura 5, Tavola T.

8.° L' armatura delle catene di fermaglio dev' essere immota, il che puossi effettuare coi mezzi spiegati nella nostra descrizione dei ponti. Tutte le parti di ferro e di ghisa che si aggrappano ad una murazione o ad uno scoglio, debbono essere munite di pezzi di flanella impregnati d' olio, o di un feltro impregnato di pece e di catrame. Fra due pezzi di ferro e di ghisa bisogna mettere questi brani per evitare la ruggine. Se due catene di fermaglio passassero per l' acqua o per un sotterraneo molto umido, bisogna chiuderle in un tubo di ghisa e riempirne gl' interstizj con cera e catrame per conservarle.

9.° Per evitare gli effetti perigliosi che risulterebbero da un allungamento della catenaria, e per aumentare la stabilità del corpo del ponte, bisogna dare a quest'ultimo una curvatura la cui saetta stia all'apertura del ponte come 1 a 100 fino ad 1 a 30. La prima proporzione è ammissibile nei ponti esposti alle burrasche, perchè non si deve dare con

una grande concavità troppo presa ai venti impetuosi. Finalmente il corpo del ponte riceverà una grande stabilità dall' impiego dei puntelli fra i suoli tesi fortemente fra i travi d' appoggio, uniti coi suoli, o colle travi o somieri. Se si costruiscono ponti di picciole aperture, si raccomanda d' incastrare le travi curvate, sotto e sopra la via del ponte, nella muratura delle cosce. Questo mezzo aumenterà la stabilità del ponte e solleverà molto la catenaria.

10.° Il traballamento delle parti sospese sarebbe di molto diminuito se i sospensorj non toccassero nè le balaustrate nè i panconi del tavolato, e se le lunghe catene di ritenzione fossero munite di barre di tensione trasversali, le cui estremità inferiori si unissero alla muratura delle arcate collaterali o a quella delle sponde. Il ponte di Menai offre un esempio di quest' ultima disposizione. La prima deve osservarsi sempre. Bisogna poi unire i sostegni di ciascuna parte d' un ponte, largo più di 14 piedi, ad un corpo, per esempio a quello in muratione, con arcate come nei ponti di Menai, di Hammersmith, e quelli di ghisa con grandi e forti piastre di questo metallo, come nei ponti Egizio e di Pantaleimon. Non sia mai trascurata questa precauzione, che abbiamo trovata efficacissima. La negligenza di questa regola e la distribuzione d' una moltitudine di pesanti catene in due corpi soltanto ed a grande distanza, contribuirono alla nessuna riuscita di un gran ponte quasi terminato in una capitale di primo ordine.

11.° La conservazione del ferro e della ghisa dev' essere effettuata coll' impiego dell' olio bollente. Gl' ingegneri considerino queste proposizioni come risultamenti della teoria, e come dedotte da ricerche fatte sui ponti esistenti o intrapresi. Non incatenino però nè le loro cognizioni, nè il loro genio, ed avranno ancora un vasto campo alle variazioni dei progetti relativi alle località, ai materiali ed alla destinazione di queste specie di costruzioni.

FINE

Fig. 1.

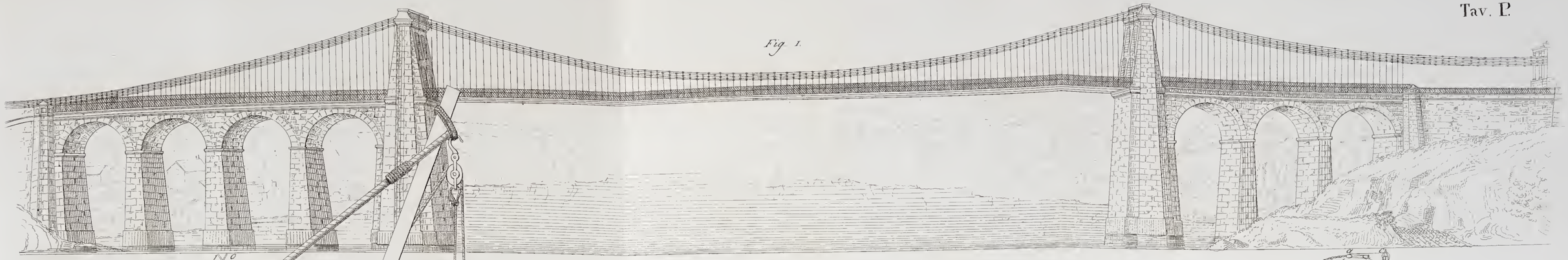


Fig. 2.

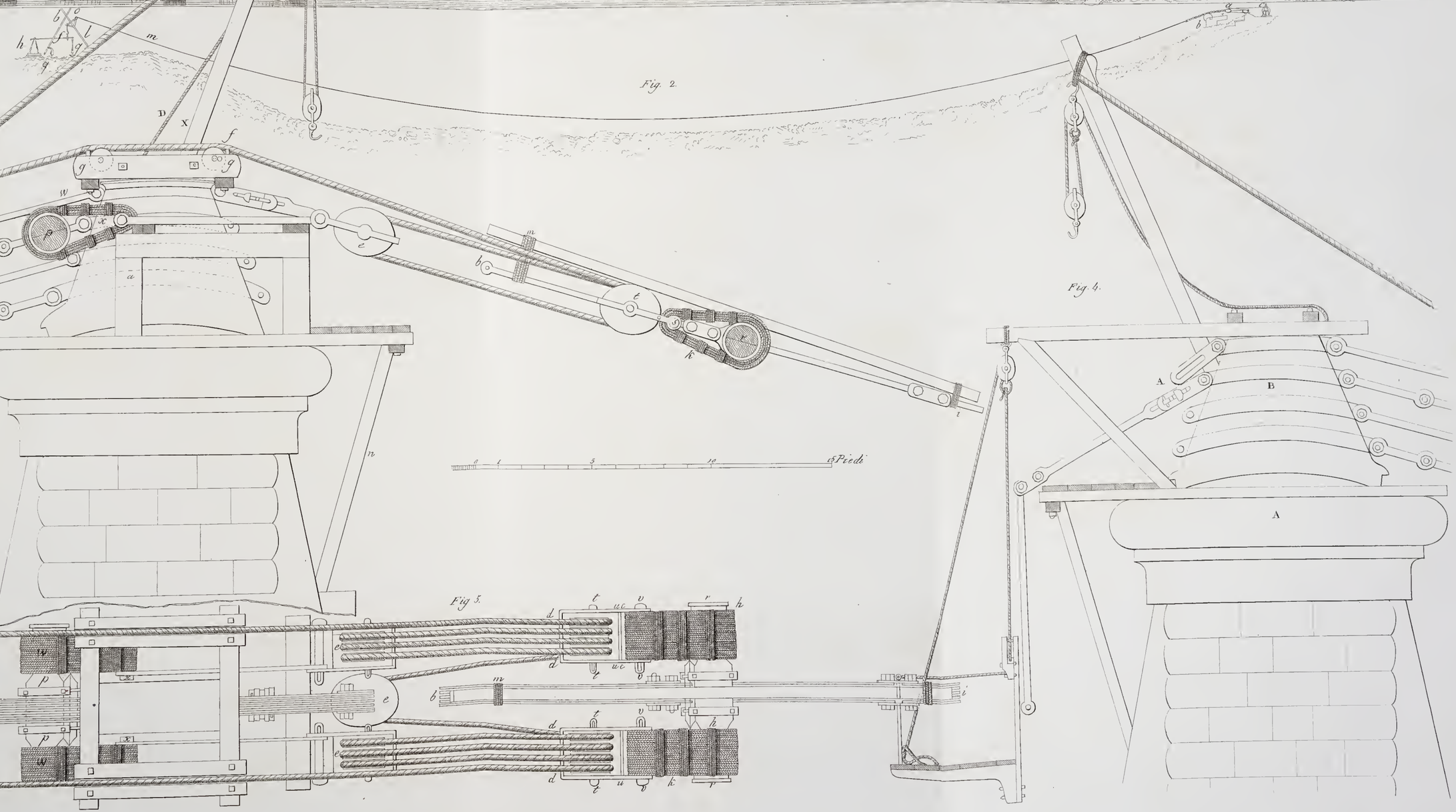
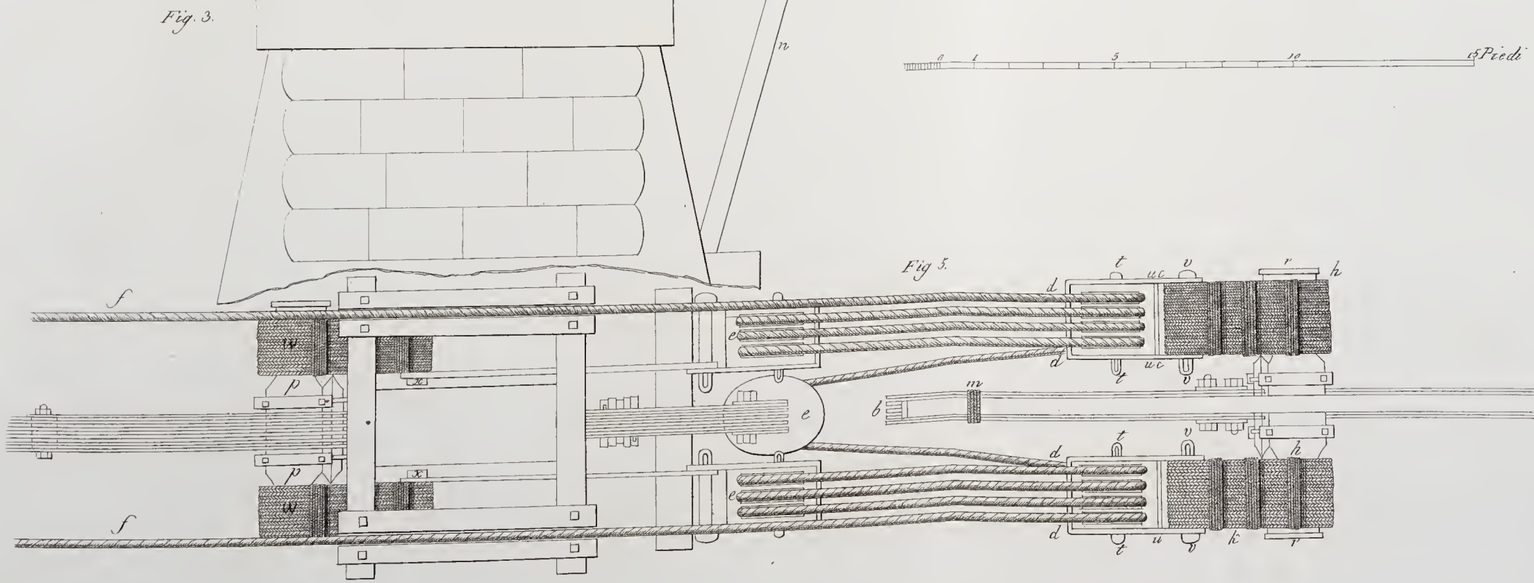


Fig. 3.



0 1 3 10 15 Piedi

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 2.

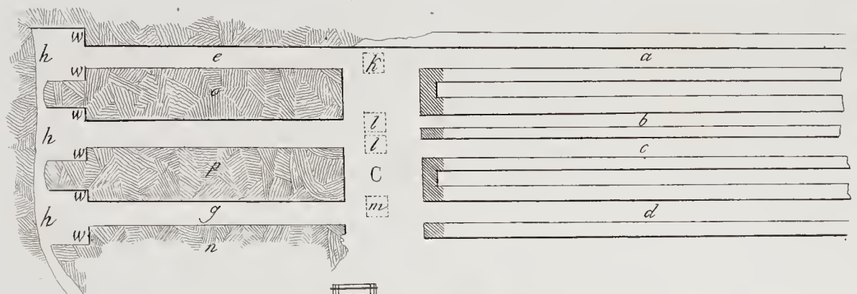


Fig. 3.

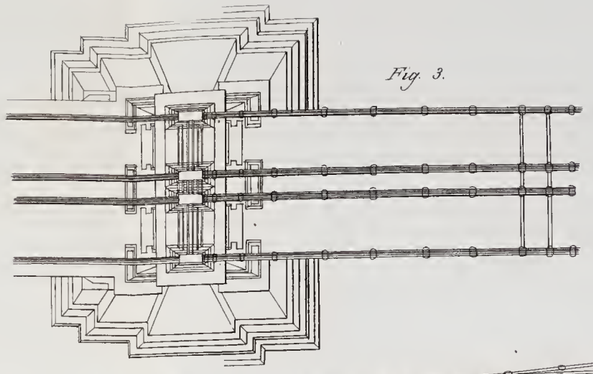


Fig. 4.

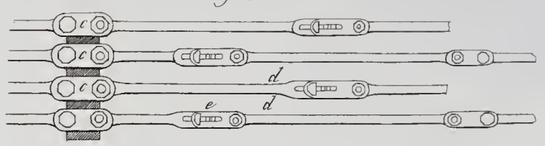


Fig. 12.

Fig. 11.

Fig 1.

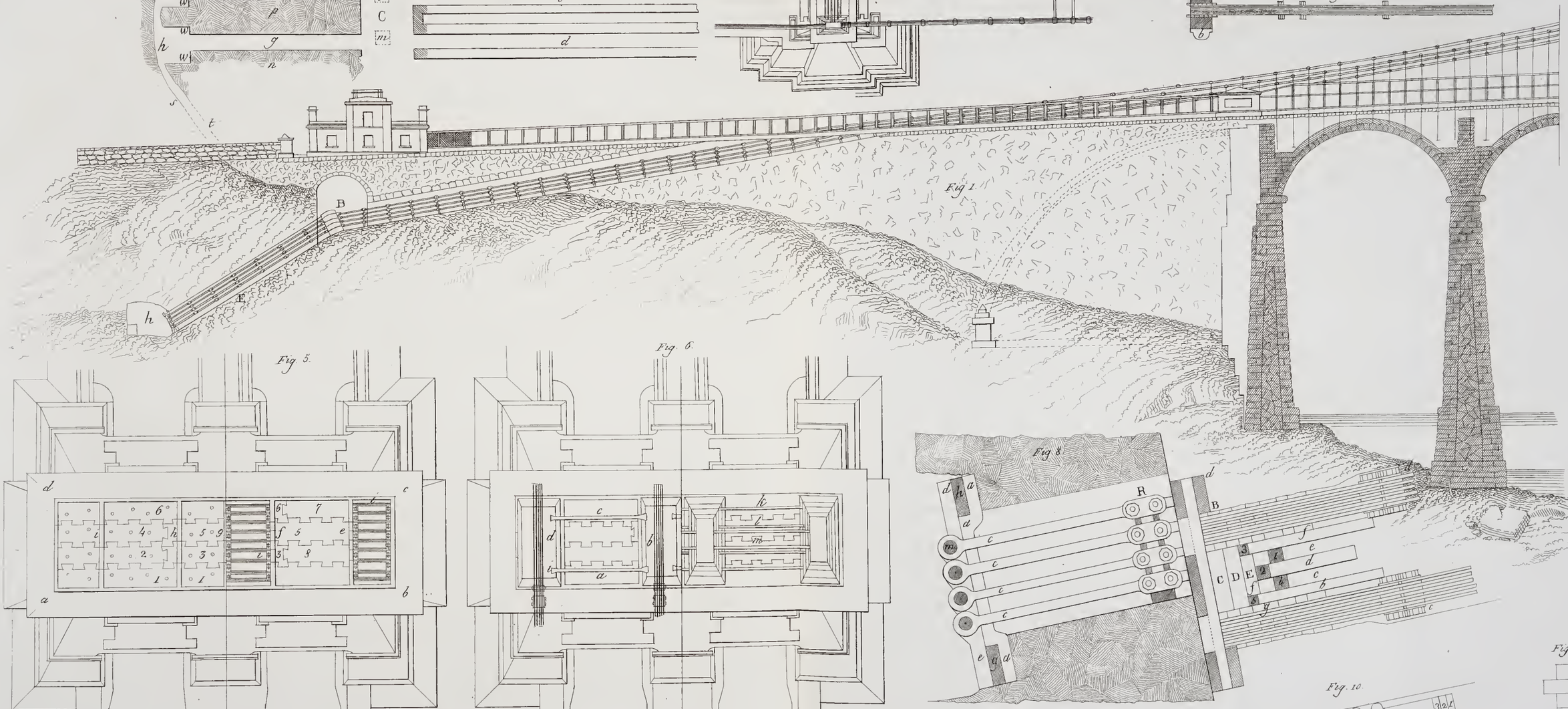


Fig. 5.

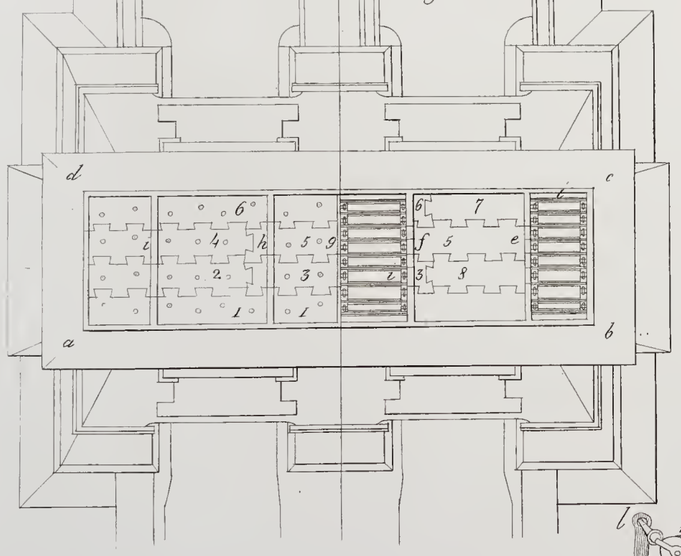


Fig. 6.

Fig. 8

Fig. 13.

Fig. 10.

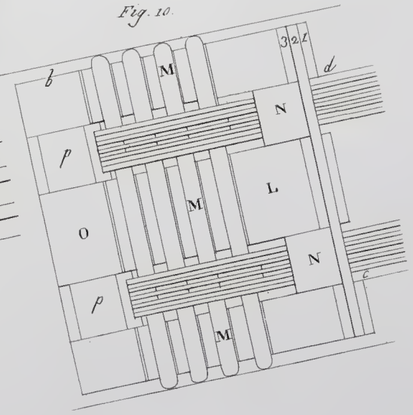


Fig. 9

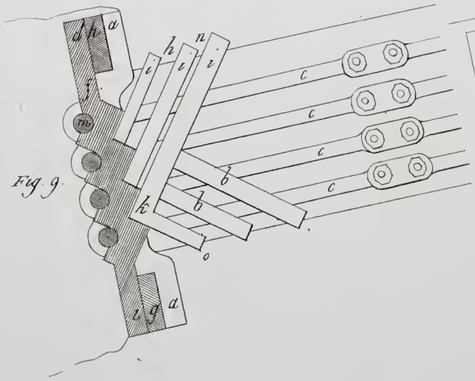


Fig 7.

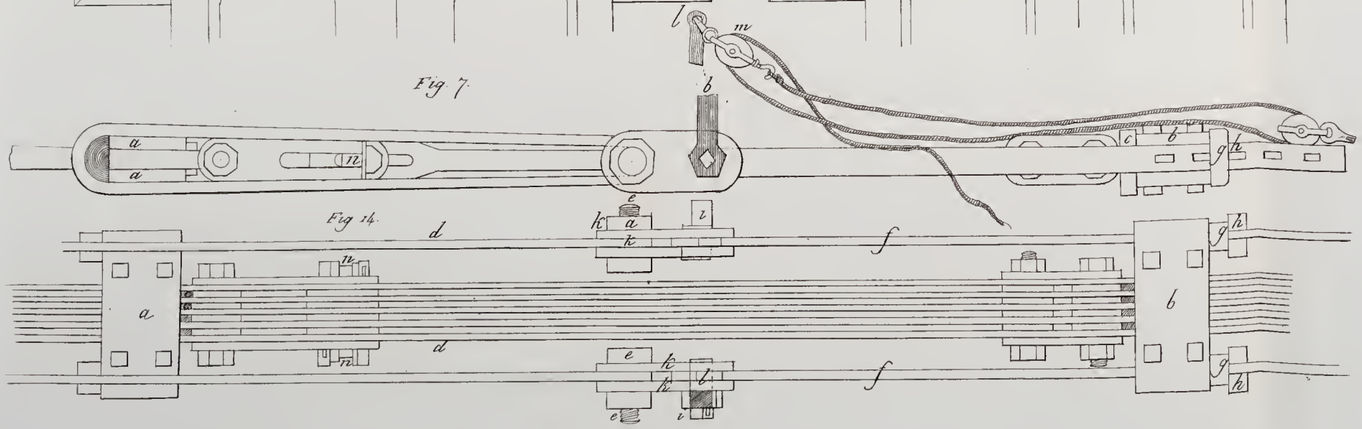


Fig 14.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 5.

Fig 7.

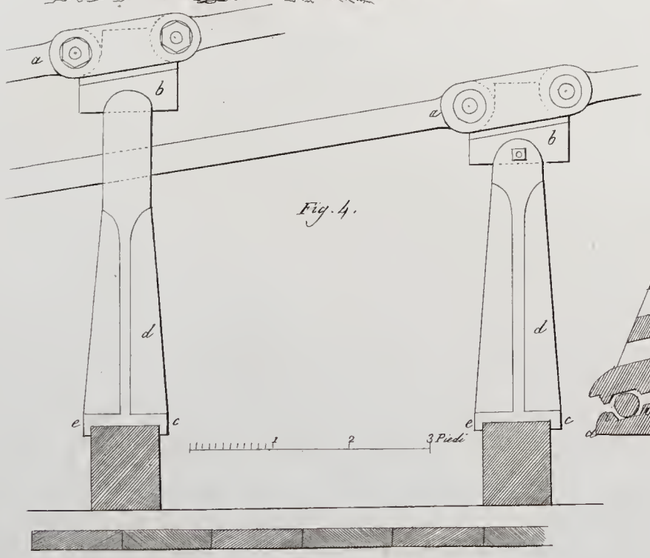
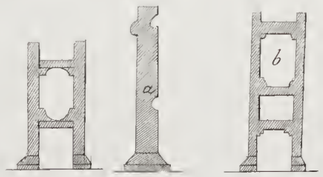


Fig. 4.

Fig 8



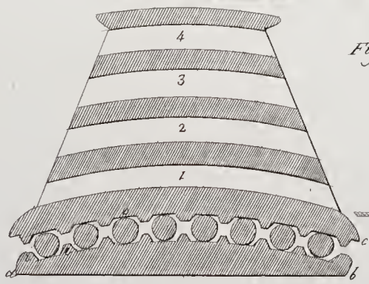


Fig. 3.

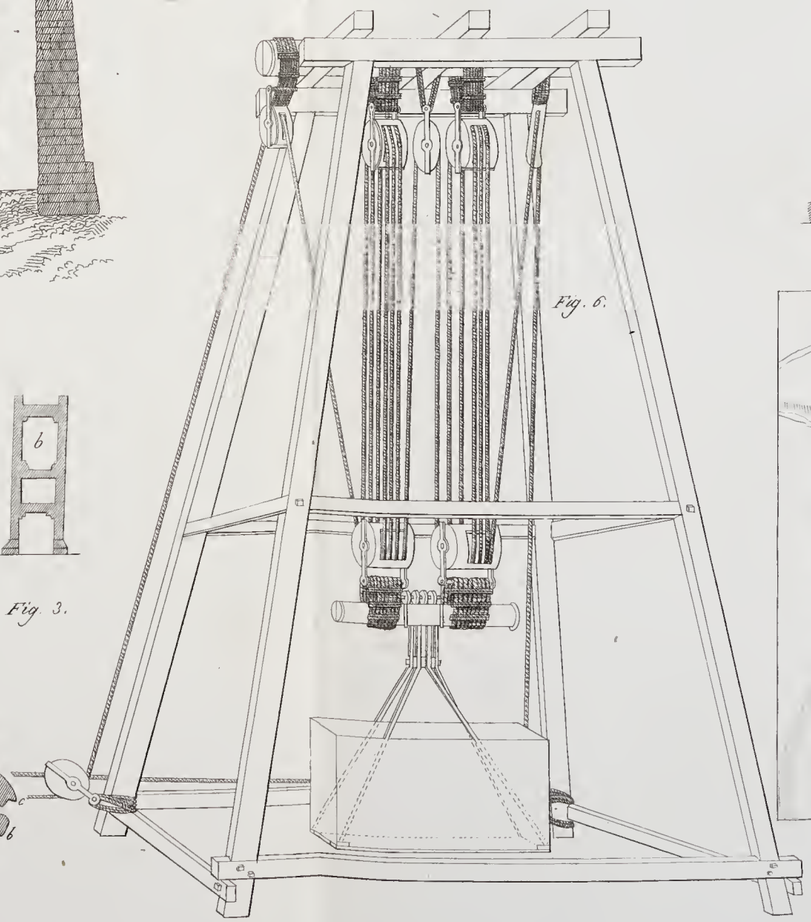


Fig. 6.

Fig 1.

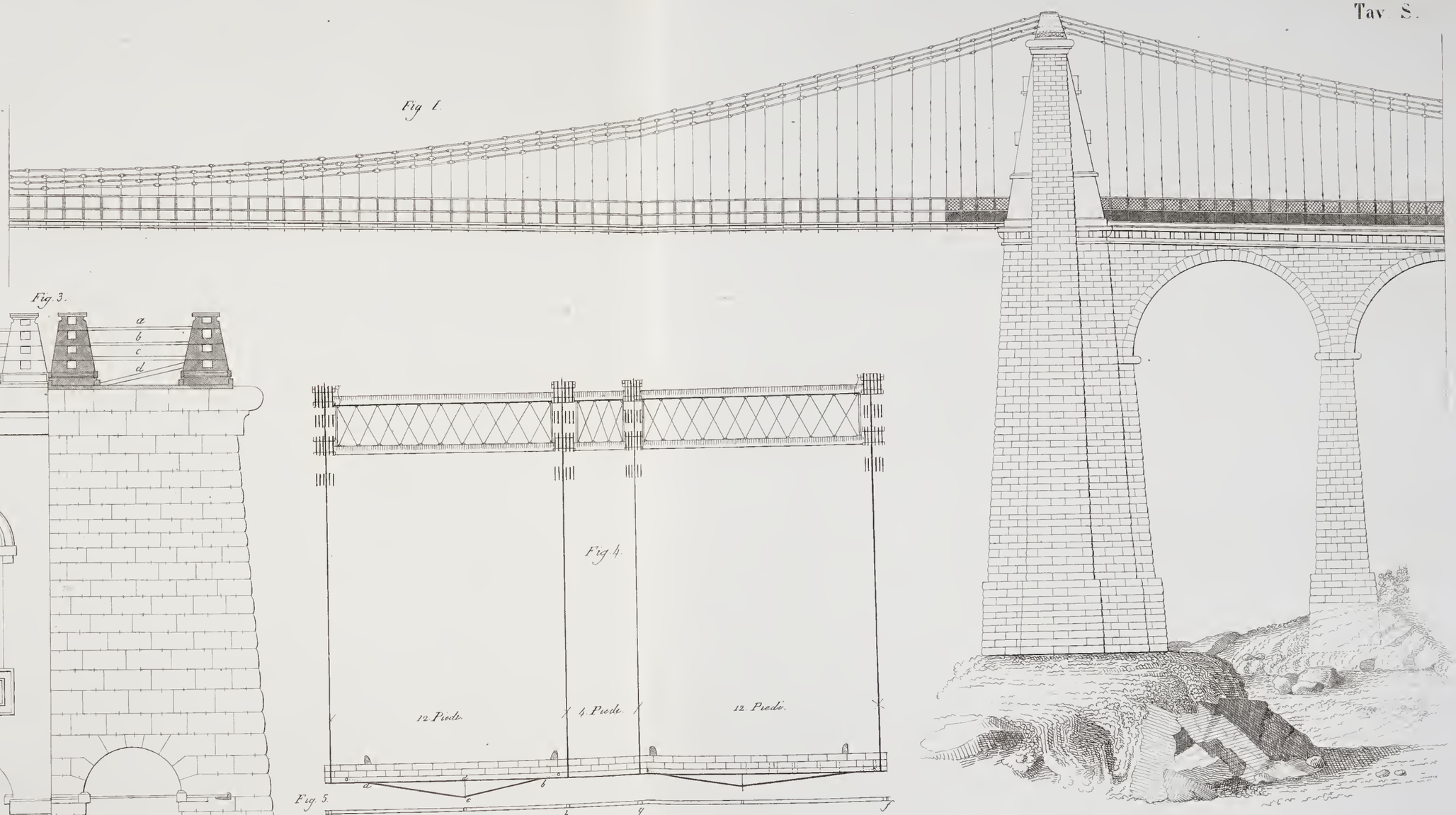


Fig. 3.

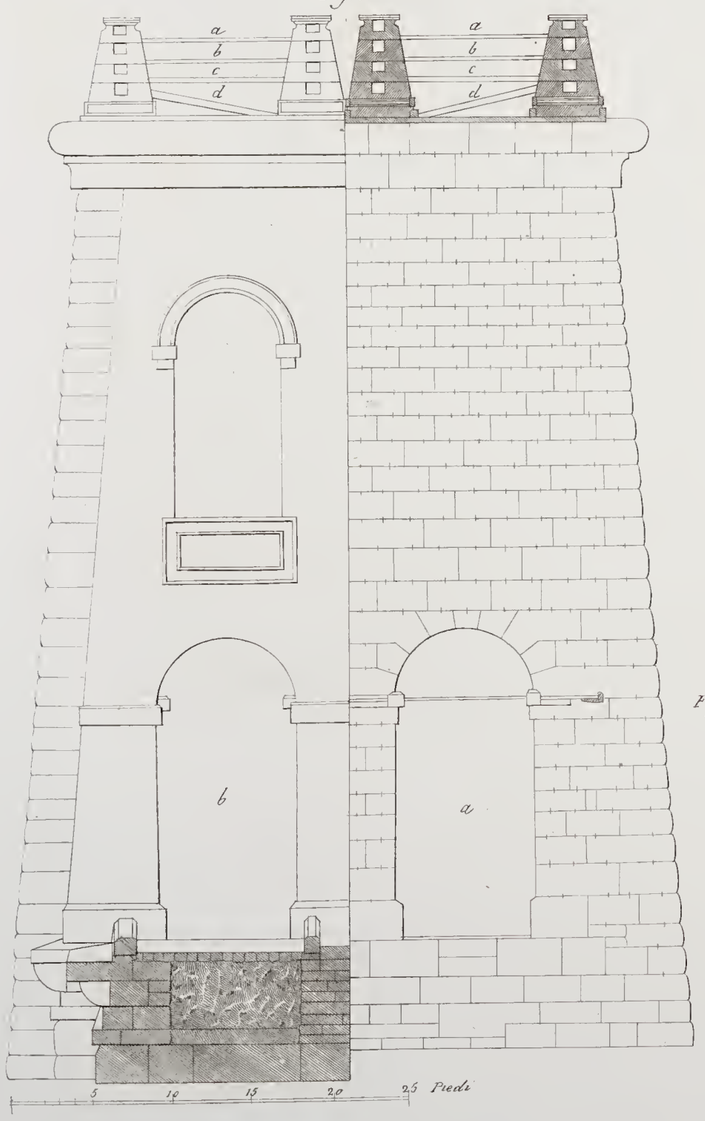
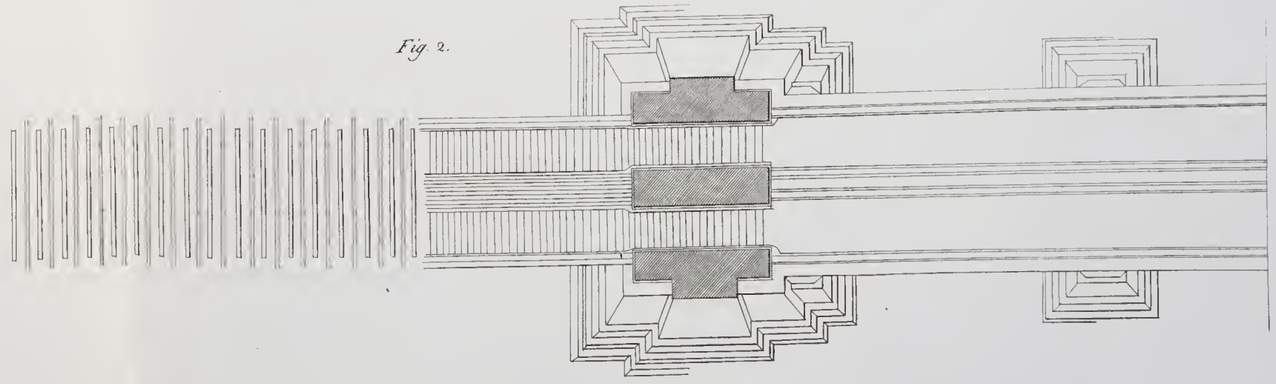


Fig 4.

Fig 5.

Fig 2.



Tav. T.

Fig 1.

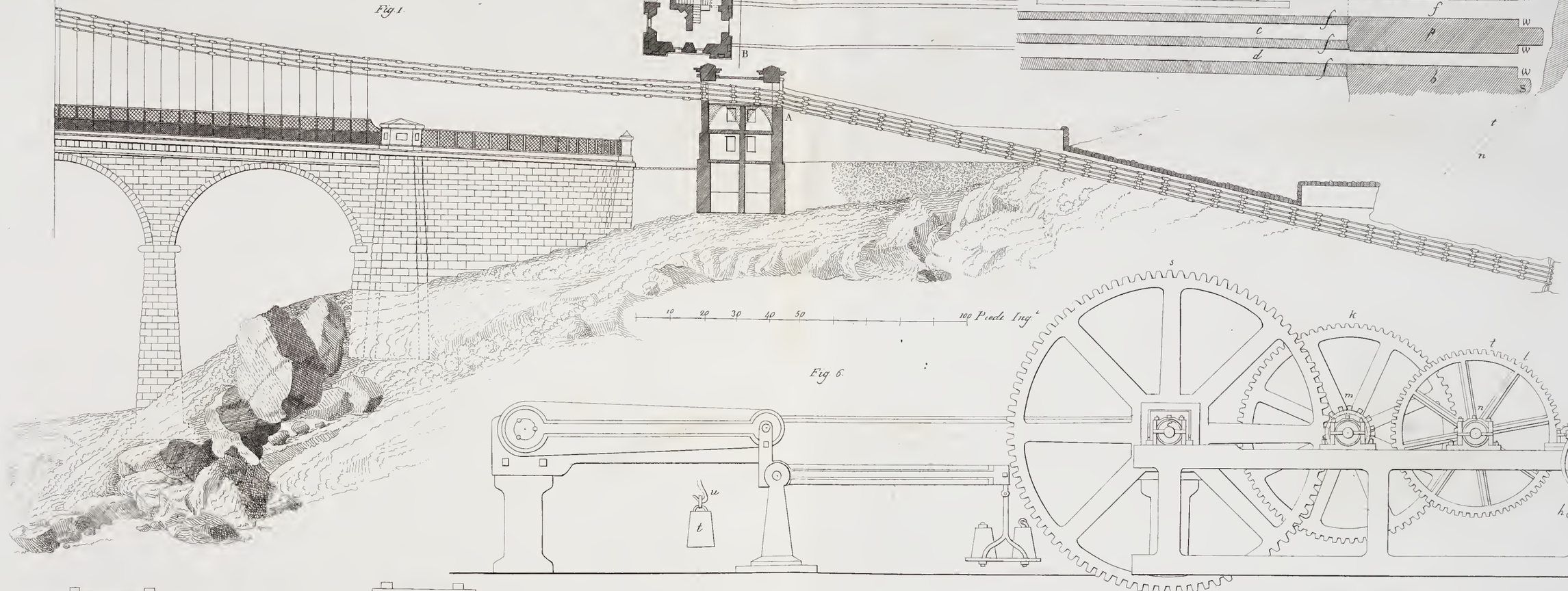


Fig 3.

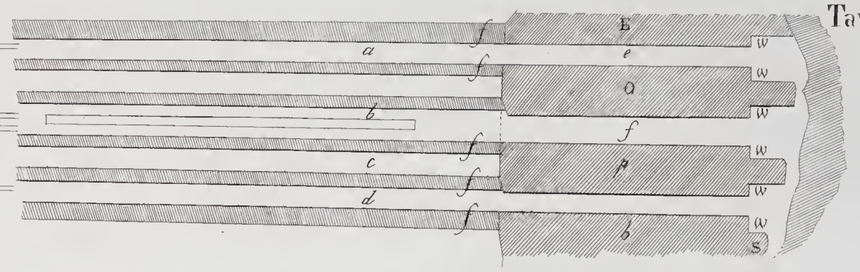


Fig 6.

Fig 4.

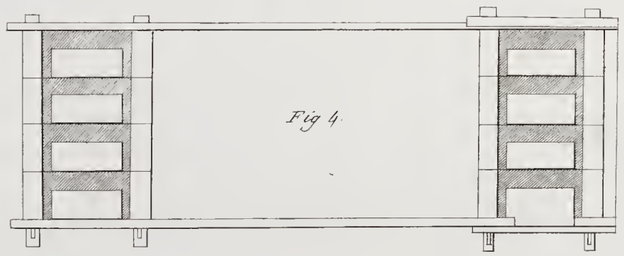


Fig 5.

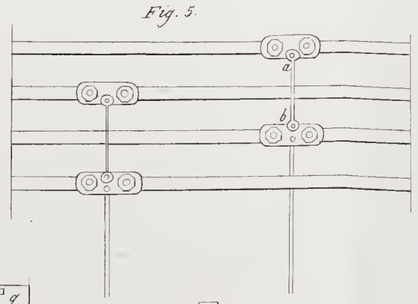


Fig 2.

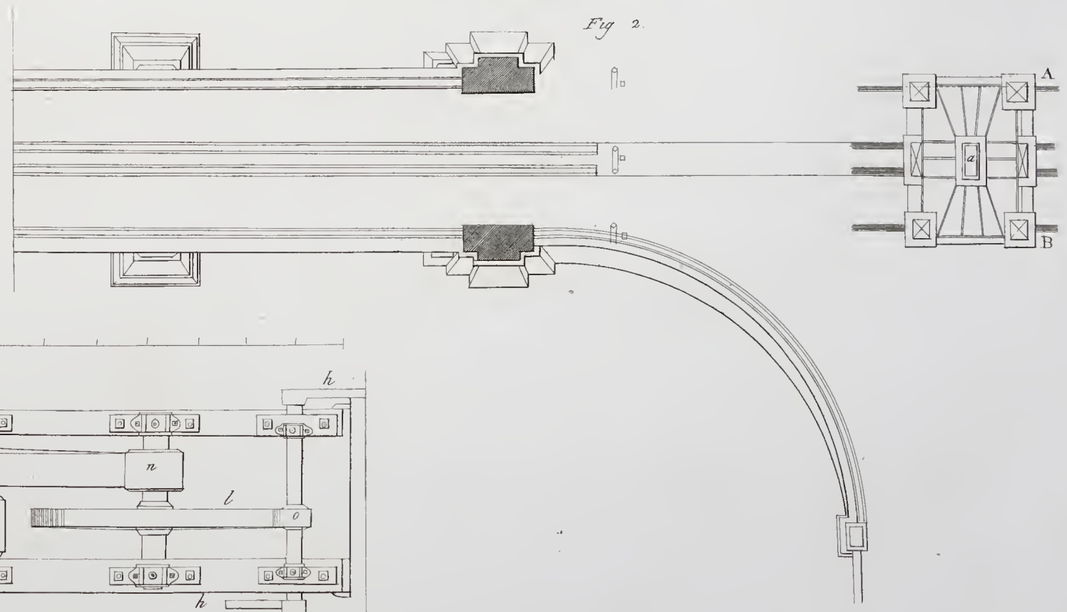
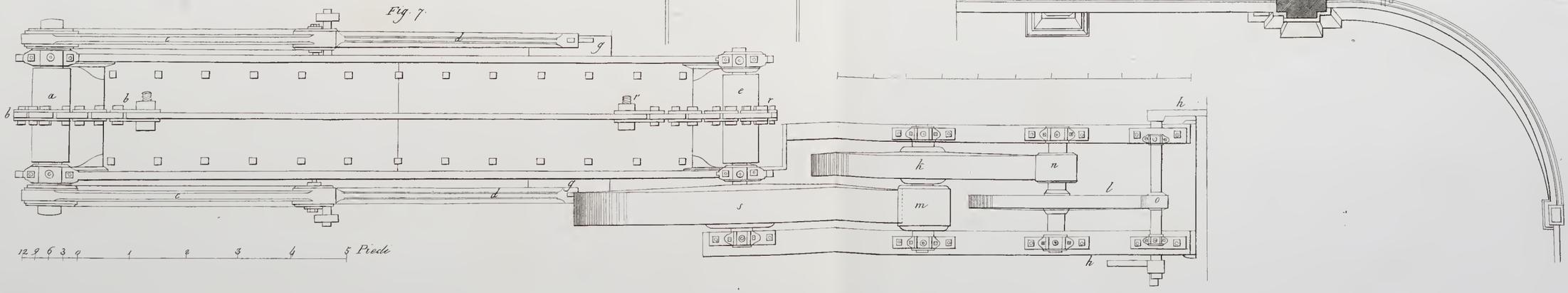


Fig 7.



Ponte sullo stretto di Conway

Fig. 1.

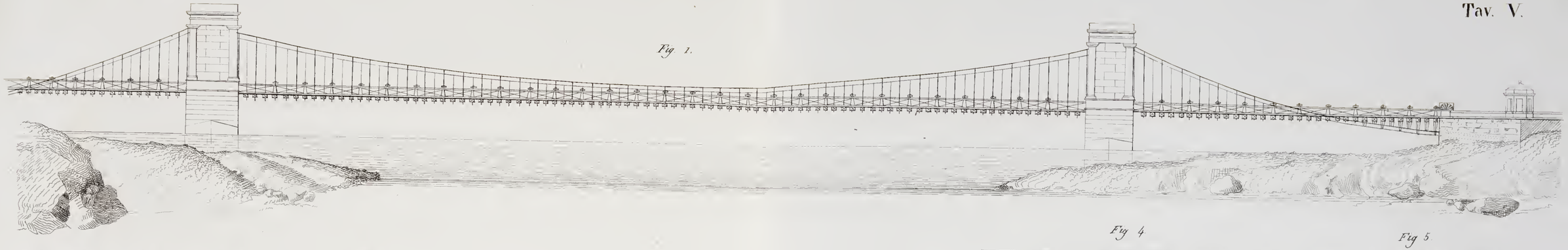


Fig 2.

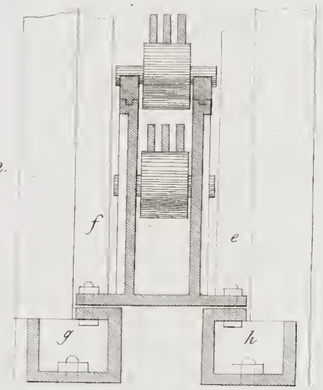
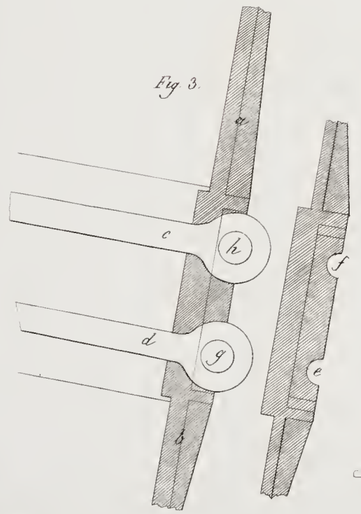


Fig 3.



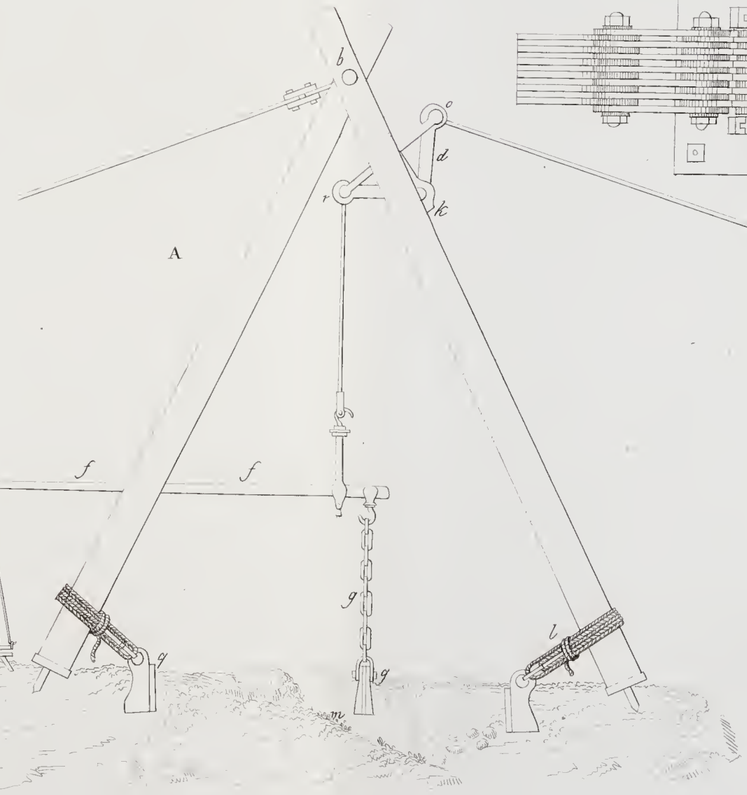


Fig 4

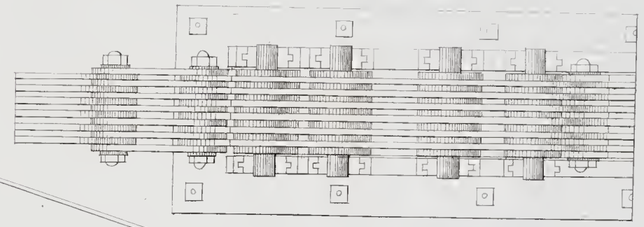


Fig 5

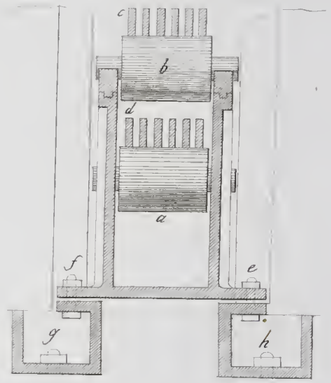


Fig. 6.

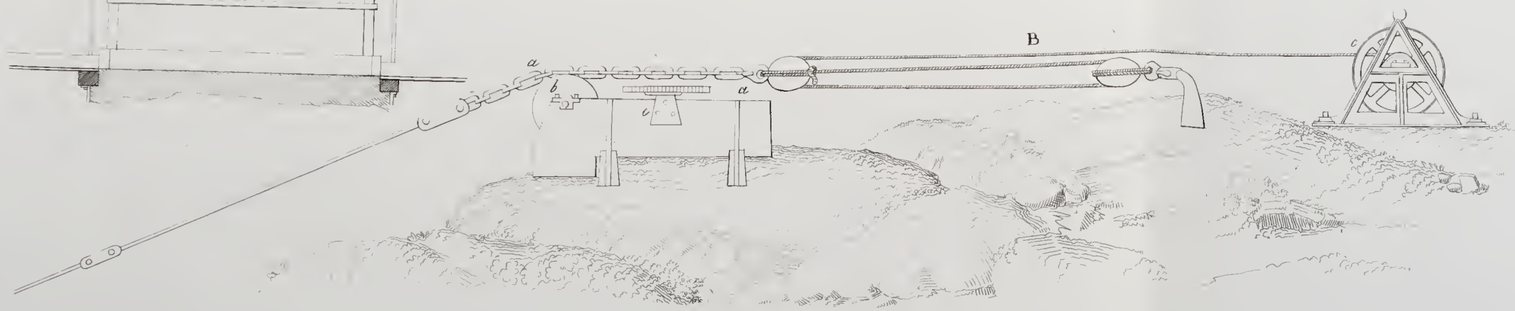


Fig 7

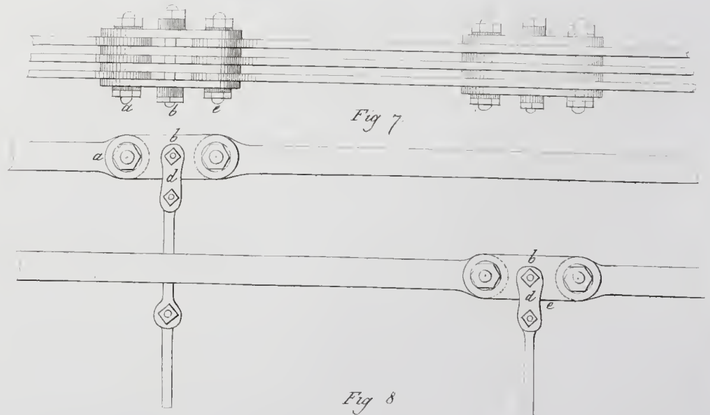


Fig 8

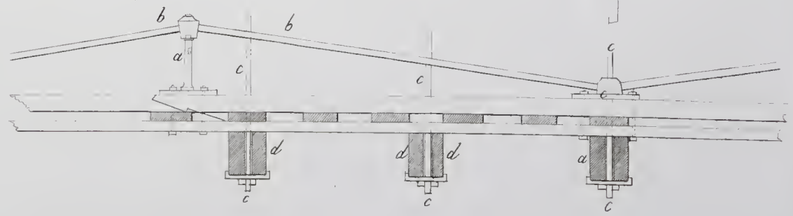


Fig. 2.

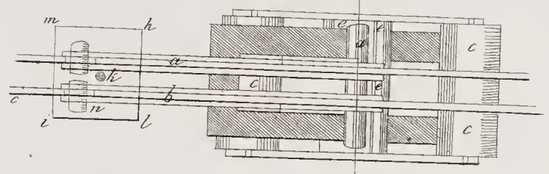


Fig 3

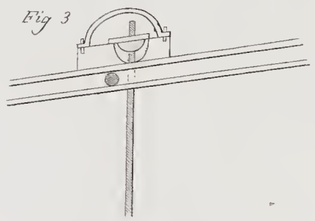


Fig. 4.

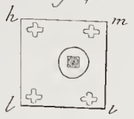


Fig. 6.

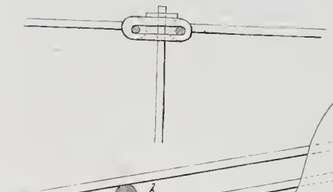


Fig 5

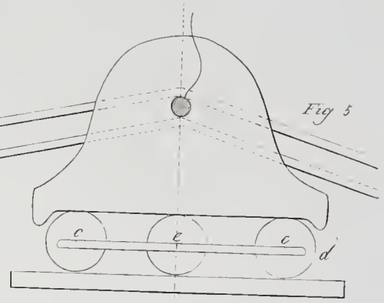


Fig. 1.

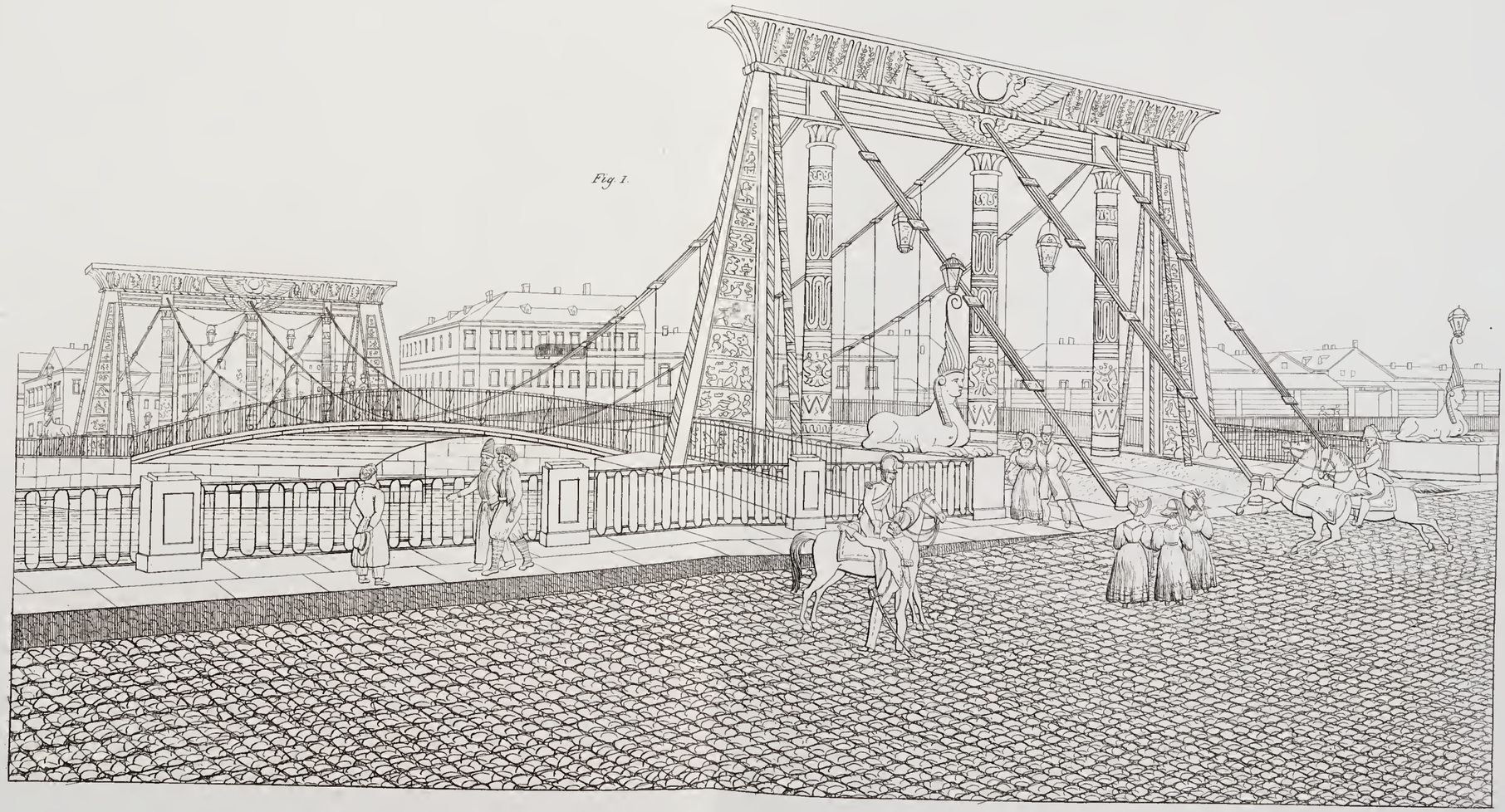
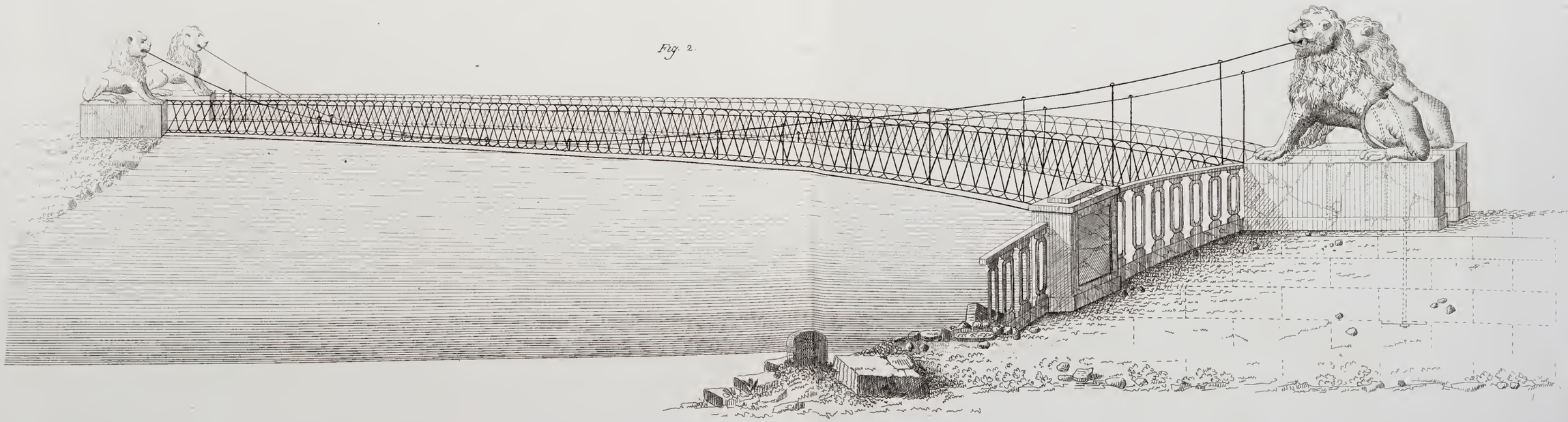
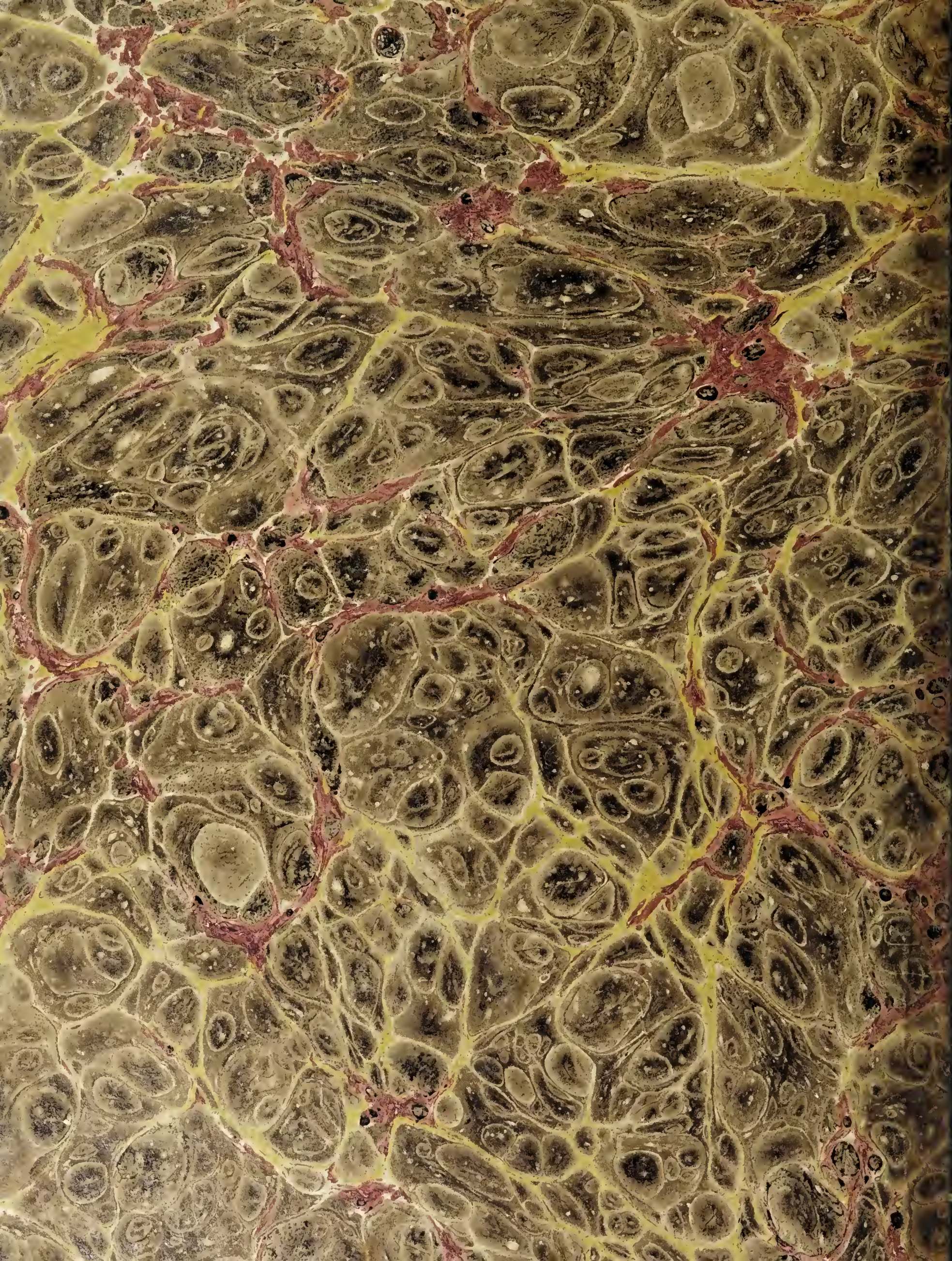


Fig. 1.

Fig. 2.



1550-181

Ax 136
DJS/2